

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы телеуправления для безэкипажного катера
УДК 007.52:629.526-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Панкратов Максим Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Ю.А.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения СГН	Сосковец Л.И.	д.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Н.А.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Марухина О.В.	к.т.н.		

### Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Применять базовые и специальные знания в области современных информационно-коммуникационных технологий для решения междисциплинарных инженерных задач.
P2	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных в области информатизации и автоматизации прикладных процессов и создания, внедрения, эксплуатации и управления информационными системами в прикладных областях.
P3	Внедрять, сопровождать и эксплуатировать современные информационные системы, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P4	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.
P5	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе глобальных компьютерных сетей.
P6	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
<b>Профиль «Системы корпоративного управления»</b>	
P8	Применять глубокие профессиональные знания основ построения информационных технологий и систем, достаточные для решения научных и профессиональных задач производства. Знать современные проблемы и методы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	прикладной информатики и научно-технического развития информационных технологий.
P9	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с информатизацией и автоматизацией прикладных процессов; созданием, внедрением, эксплуатацией и управлением информационными системами в прикладных областях, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P10	Организовывать работы по моделированию прикладных информационных систем и реинжинирингу прикладных и информационных процессов предприятия и организации. Управлять проектами по информатизации прикладных задач и созданию информационных систем предприятий и организаций.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Панкратову Максиму Игоревичу

Тема работы:

Разработка системы телеуправления для безэкипажного катера

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 07.03.2019 1787

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

**Исходные данные к работе**

Объектом данного исследования является, разрабатываемый безэкипажный катер промежуточного класса для работы с объектами различных в НИЛ ТПМГ ИШИТР ТПУ;

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Провести обзор предметной области; 2. Сделать обзор и анализ существующих разработок использующих системы телеуправления; 3. Сформулировать требования к проектируемой системе; 4. Описать инструменты и методы решения, поставленных задач; 5. Реализовать программное обеспечение системы телеуправления для безэкипажного катера;
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Диаграммы архитектуры системы, визуальное представление интерфейса программного обеспечения системы телеуправления для безэкипажного катера
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджер, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сосковец Любовь Ивановна, д.и.н., профессор отделения СГН
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна, старший преподаватель ООД
Обязательное приложение на английском языке	Диденко Анастасия Владимировна, к.ф.н, доцент ОИЯ ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение	
Глава 2 Проектирование системы телеуправления для безэкипажного катера	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Юрий Александрович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Панкратов Максим Игоревич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.03. Прикладная информатика  
 Уровень образования Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий  
 Период выполнения Весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31.03.2019	Обзор предметной области	15
15.04.2019	Проектирование системы телеуправления для безэкипажного катера	25
06.05.2019	Реализация системы телеуправления для безэкипажного катера	25
27.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
31.05.2019	Социальная ответственность	10
03.06.2019	Проверка оформления. Заключение	10

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Юрий Александрович	К.Т.Н.		

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Марухина Ольга Владимировна	К.Т.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Панкратову Максиму Игоревичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость расходных материалов 65100 руб. 2. Оклад руководителя 43100 руб., исполнителя 3721.25 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норматив потребления электроэнергии 4 руб/кВтч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Отчисления во внебюджетные фонды 27,1% 2. Районный коэффициент 30% 3. Коэффициент дополнительной заработной платы 12%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета, определение рисков НТИ
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка показателей эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. SWOT-анализ
4. График проведения НТИ
5. Бюджет НТИ
6. Потенциальные риски
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения СГН	Сосковец Любовь Ивановна	д. и. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Панкратов Максим Игоревич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8KM71	Панкратову Максиму Игоревичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

Тема ВКР:

<b>Разработка системы телеуправления для безэкипажного катера.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Технологический процесс - работа с языком программирования Си, С# в программной среде IAR Embedded Workbench, Microsoft Visual Studio. Основное оборудование - персональный компьютер с периферийными устройствами. Область применения - научно-исследовательские миссии в акватории моря.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 организация рабочих мест с электронно-вычислительными машинами.</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ – организация рабочего места при выполнении работ сидя.</li> <li>– Закон Томской области от 9 июля 2003 года № 83-ОЗ Об охране труда в Томской области (с изменениями на 4 июля 2014 года).</li> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<b>Вредные факторы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Превышение уровня шума;</li> <li>– Опасные и вредные производственные</li> </ul>



	<p>факторы, связанные с электромагнитными полями;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Психофизиологические факторы (эмоциональные перегрузки);</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на литосферу: утилизация отходов, связанные с выходом из строя ПК, люминесцентных ламп и др.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможные чрезвычайные ситуации на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Пожар (наиболее вероятен);</li> <li>– Землетрясение.</li> </ul>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2019	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Панкратов Максим Игоревич		

## **РЕФЕРАТ**

Дипломная работа содержит: 110 страниц, 20 рисунков, 23 таблицы, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: безэкипажный катер, система телеуправления, видеосвязь, команды управления, архитектура системы, пульт оператора, телеуправление.

Объект исследования – безэкипажный катер промежуточного класса, предназначенный для автоматического развёртывания длиннобазной навигации на акватории.

Цель исследования – разработка системы телеуправления для безэкипажного катера.

Работа состоит из введения, 5 разделов и заключения. Во введении отражена актуальность задачи и описаны основные требования к проекту. В первом разделе диссертации представлен обзор предметной области, обзор и анализ существующих разработок использующих систему телеуправления. Во втором разделе описаны требования, выдвигаемые к системе, решена задача многокритериального выбора для микрокомпьютера, описаны инструменты и методы решения поставленной задачи. Третий раздел посвящен описанию существующей архитектуры взаимодействия между устройствами, выполнено внедрение системы телеуправление, в действующую систему и описано программное обеспечение разработанное специально для оператора безэкипажного катера. В четвертом разделе представлен финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Пятый раздел посвящен вопросу социальной ответственности. Заключение включает основные выводы по работе. В будущем планируется дорабатывать систему новыми модулями.

### **Перечень условных обозначений, единиц и терминов**

БЭК – безэкипажный катер;

АНПА – автономный необитаемый подводный аппарат;

ТНПА – телеуправляемый необитаемы подводный аппарат;

СУ – системателеуправления управления;

ПУ – пульт оператора;

УВ – управляющее воздействие;

КУ – команды управления;

КО – компьютер оператора.

## Содержание

Введение .....	14
Глава 1. Обзор предметной области.....	16
1.1 Описание предметной области .....	16
1.2 Обзор и анализ существующих разработок использующих системы телеуправления .....	17
Глава 2. Проектирование системы телеуправления для безэкипажного катаера .....	25
2.1 Требования к проектируемой системе.....	25
2.2 Решение задачи многокритериального выбора микрокомпьютера для установки в безэкипажный катер. ....	26
2.3 Описание инструментов и решения.....	33
2.4 Выводы по разделу проектирование системы телеуправления	42
Раздел 3. Реализация системы телеуправления для безэкипажного катаера	43
3.1 Построение архитектуры работы системы телеуправления безэкипажного катаера.....	43
3.2 Программная реализация сервера и клиента на компьютере оператора .....	45
Раздел 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
4.2 Планирование проектных работ .....	59
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	70
Раздел 5. Социальная ответственность .....	73

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	73
5.2 Производственная безопасность .....	75
5.3 Экологическая безопасность .....	86
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	87
Заключение .....	90
Список публикаций .....	93
Список литературы .....	94
Приложение А .....	97

## **Введение**

В научно-исследовательской лаборатории телекоммуникаций, приборостроения и морской геологии Томского политехнического университета была начата разработка безэкипажного катера промежуточного класса для работы с объектами различных типов. Данная разработка была вызвана необходимостью облегчения развертывания длиннобазных гидроакустических систем навигации с одной стороны, а с другой отсутствием катеров данного типа. Для увеличения универсальности использования разрабатываемого катера отсек полезной нагрузки предполагается в модульном исполнении, в который могут устанавливаться компоненты, решающие различные задачи.

Для обеспечения ручного управления катером на акватории необходимо разработать систему телеуправления, а также наладить передачу данных и видеосигнала с катера на компьютер оператора. Для достижения заданной цели в катер должны быть установлены модули 4G, модуль радиоканала, Wi-Fi модуль. Также гидроакустический модем подводной связи, для обеспечения связи с катером в аварийной или критической ситуации, на тот случай, если откажут остальные виды связи. Разработанные в настоящий момент системы по тем или иным причинам не подходят для разрабатываемого катера промежуточного класса.

Выпускная квалификационная работа посвящена решению следующих задач:

- обзор и анализ существующих решений;
- изучить технические спецификации для написания прошивки на микрокомпьютер выбранный с помощью решения задачи многокритериального выбора, для передачи видеосигнала посредством Wi-Fi;
- обзор инструментария для написания программного обеспечения на микрокомпьютер и компьютер оператора;

- разработка алгоритма работы программного обеспечения для микрокомпьютера и компьютера оператора;
- создание программного обеспечения для микрокомпьютера и компьютера оператора;

Объектом исследования является безэкипажный катер промежуточного класса, предназначенный для автоматического развёртывания длиннобазной навигации на акватории. Предмет исследования – телеуправление безэкипажным катером.

Актуальность разработки системы телеуправления для безэкипажного катера заключается в том, что данная система обеспечит оператора возможность управления катером в ручном режиме на акватории, в возникновения ситуации потенциально опасной для безэкипажного катера оператор сможет с помощью данной системы предотвратить ущерб. Без данной системы выход безэкипажного катера на акваторию, но не целесообразен, ввиду того, что катер в случае возникновения опасных ситуаций будет неконтролируем. Невозможность управления катером и отсутствие видеосигнала сделает проект неактуальным.

## **Глава 1. Обзор предметной области**

### **1.1 Описание предметной области**

Предметной областью в данном проекте является телеуправление безэкипажным катером в акватории. Это такой вид взаимодействия оператора с объектами управления, при котором на управление происходит на определенном отдалении, осуществляемое по различным каналам связи [1]. Под каналами связи подразумеваются:

- радиосвязь (Wi-Fi, 4G сети, спутниковые сети);
- электрические сигналы (по проводу с помощью электрических импульсов);
- волоконно-оптические (например, по оптоволокну);
- гидроакустические (с помощью звуковых волн в реальной водной среде).

По каналам связи оператор передает различные команды управления, которые сообщают безэкипажному катеру информацию об изменении его положения в пространстве, включения или выключения различных подсистем и режиме работы [2]. При получении этих команд, приемник на катере преобразует эту информацию в управляющие воздействия, которые в свою очередь реализуют данные изменения.

Любой процесс управления включает собственно управление, то есть воздействие на объект с целью измерения его состояния (положения в пространстве, значений его параметров и переменных), и контроль за состоянием объекта. Международный электротехнический словарь использует в английском тексте обобщающий термин «TELECONTROL», который удачно объединяет понятия «управление» на расстоянии и «контроль» независимо от характера воздействия на объект. В русском языке этому термину наиболее соответствует термин «телеуправление»[3].

Телеуправление широко применяется во всех областях нашей жизни, от повседневных задач, до космонавтики. Примером может служить



управление коптером для различной фото или видео съемки, более простой пример это управление телевизором с помощью телефона или пульта ДУ.

Основой данной разработки, является системы телеуправления движущихся объектов, для управления их состоянием и положением, например коптеры, марсоходы, автомобили на радиоуправлении.

## 1.2 Обзор и анализ существующих разработок использующих системы телеуправления

### 1.2.1 Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат «Гном ПРО»

Супер Гном Про предназначен для проведения подводных осмотровых и обследовательских работ в прибрежных морских и внутренних водах, а так же при осмотре внутренних полостей водонаполненных резервуаров и гидротехнических сооружений [3]. Основным функциональным назначением является получение оператором видеоизображения объектов находящихся в толще или на поверхности воды, посредством перемещения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) оснащенного видеокамерой, основные элементы ТНПА «Гном ПРО» представлены на рисунке 1.

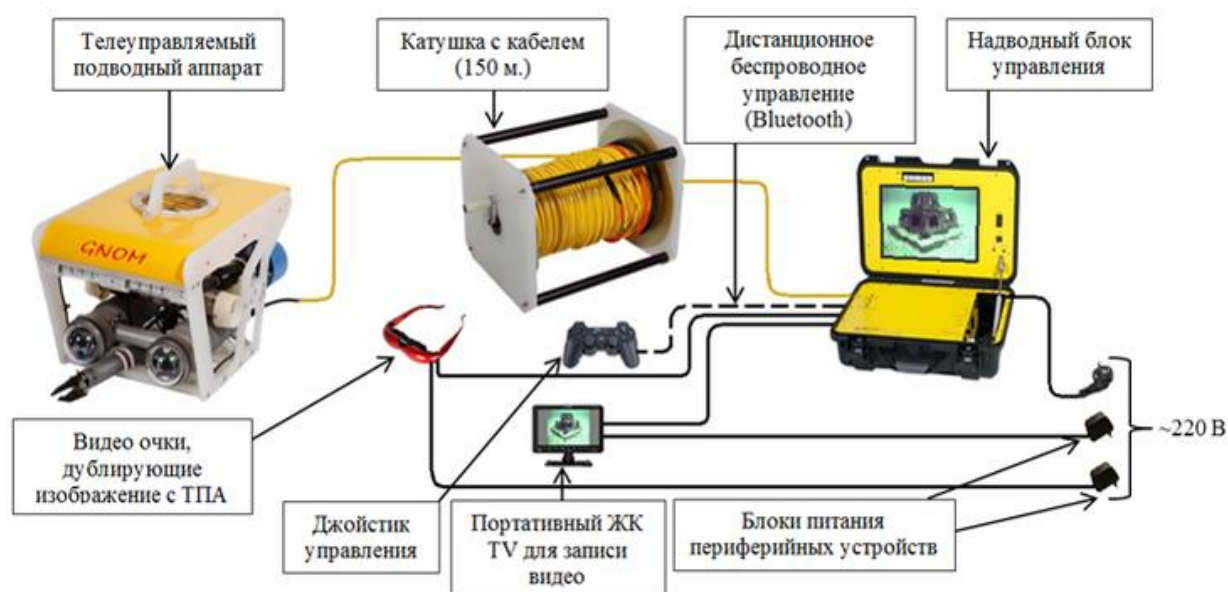


Рисунок 1 – Основные элементы ТНПА «Гном ПРО».

Мощные горизонтальные и вертикальный движители позволяют вести оценочно-поисковый мероприятия с большей скоростью. За счет увеличенного момента вращения двигателей, вероятность забивание винтов водорослями сведена к минимуму. Встроенный манипулятор, сделанный в виде трехпалой клешни, позволяет поднимать мелкие предметы со дна, а также возможность удержаться за какой-либо предмет.

Перемещения и управление режимами работы телеуправляемого подводного аппарата, находящегося под водой, осуществляются по командам с надводного блока управления (БУ) с помощью пульта управления (джойстика). Камера обеспечивает получение оператором видеоизображения, сформированного телекамерой на борту ТНПА в реальном масштабе времени. Внешний вид телеуправляемого необитаемого подводного аппарата «Гном ПРО» представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – внешний вид ТНПА «Гном ПРО»

Работа системы телеуправления в ТНПА представлена на рисунке 3. Оператор с джойстика передает команды для изменения положения в

пространстве (в любом направлении), включения или отключения различных подсистем ТНПА, а также для взаимодействия с основными инструментами, такими как механический манипулятор, направление камер. Джойстик передает команды на надводный блок управления, который интерпретирует команды в понятный язык для бортового компьютера ТНПА и производит управляющие воздействия.



Рисунок 3 – Схема работы ТНПА «Гном ПРО».

### 1.2.2 Автономный обитаемый подводный аппарат «Платформа»

Комплекс учебно-исследовательского АНПА «Платформа» предназначен для учебно-тренировочных запусков и для перемещения подводного оборудования так называемой полезной нагрузки по заранее заданной миссии [5].

Под миссией понимается программа перемещения АНПА по району со всеми включенными устройствами, а также по завершении миссии

возврату обратно к точке старта миссии в данном случае к судну обеспечения, откуда обычно начинаются миссии, внешний вид автономного необитаемого подводного аппарата «Платформа» представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – внешний вид АНПА «Платформа»

Также аппарат имеет подсистему телеуправления, которая позволяет управлять аппаратом в надводном состоянии, такое управление подразумевает движения аппарата только на поверхности воды, без погружения, а также не дает возможности передачи видеосигнала. Единственное ограничение, которое накладывается на управление АНПА в режиме телеуправления, это дальность действия радиомодуля. Также невозможно получить картинку в реальном времени из за малой пропускной способности радиоканала.

Взаимодействие оператора с АНПА производится через пост контроля и управления (ПКУ), который состоит из компьютера оператора, пульта

ПКУ, навигационного модуля и судовой гидроакустической антенны (рисунок 5).



Рисунок 5 – Схема взаимодействия АНПА с постом контроля и управления.

Взаимодействие поста контроля и управления с АНПА на физическом уровне обеспечивается с помощью следующих интерфейсов:

- сетевого интерфейса Ethernet, если аппарат находится на берегу или борту обеспечивающего судна и подключен к пульту оператора, по специальному кабелю;
- посредством системы радиосвязи, если АНПА находится на поверхности (в зоне действия радиомодуля, около 1 км) или на борту судна обеспечения;
- посредством гидроакустического средства связи, если АНПА находится в под водой (на глубине более 5 м).



### 1.2.3 Телеуправляемый квадрокоптер «ArduCopter».

Квадрокоптер ArduCopter - это летающий аппарат, который перемещается с помощью регулирования скорости вращения всех своих двигателей, с установленными на них пропеллерами, квадрокоптер, как показан на рисунке 6, является одним из самых простых вариантов и типов коптеров, с парной связкой двигателей, которые вращаются в противоположные друг от друга стороны



Рисунок 6 – внешний вид квадрокоптера ArduCopter.

Коптер движется за счет разности скорости вращения пар двигателей, Ускорение в горизонтальной плоскости осуществляется с помощью увеличения тяги на одной паре двигателей и её снижения в другой. Такой

способ позволяет коптер в требуемом направлении, после этого, тяга двигателей стабилизируется.

Данный вид коптеров, позволяет производить съемку местности, с помощью видеокамер установленных на него. Всё это происходит под управление системы телеуправления, которая отвечает за все подсистемы.

Управление данным коптером производится при помощи системы телеуправления, с использованием WiFi на частоте 2,4 ГГц, информация с блока управления в виде команд поступает на полетный контролер, который переводит команды в управляющее воздействие, схема системы телеуправления представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – схема системы телеуправления ArduCopter

#### 1.2.4 Сравнительный анализ и выводы.

В ходе обзора и анализа существующих разработок использующих системы телеуправления был проведен сравнительный анализ возможностей данных систем, их области и способы применения, а также некоторые

технические характеристики. Результаты сравнительного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 результаты сравнительного анализа существующих разработок использующих системы телеуправления.

Системы телеуправления	Возможность беспроводного управления	Максимальная дальность действия, м	Скорость передачи информации, Мбит/с	Канал связи	Возможность передачи видеосигнала	Надежность канала связи	Удобство использования
ТНПА Гном ПРО	-	150	100	Провод	+	Надежный	Низкое
АНПА Платформа	+	1000	0.13	Радио	-	Надежный	Среднее
Квадрокоптер ArduCopter	+	100	100	Wi-Fi	+	Надежный	Высокое

Выводы по данной таблице можно сделать такие, у всех выбранных систем есть недостатки:

- управление с помощью проводного канала связи используемого в ТНПА Гном ПРО, не подходит по той причине что в рамках выбранного проекта требуется использование высокоскоростного и беспроводного канала связи, а также малая дальность использования;

- по причине низкой скорости канал связи используемый в АНПА платформа и отсутствия возможности передачи видеосигнала, система не удовлетворяет потребность разрабатываемой системы;

- система телеуправления используемая в квадрокоптере ArduCopter, не подходит из за малой дальности действия.

Учитывая все выше перечисленное, было принято решение о разработке своей собственной системы телеуправления, с учетом недостатков уже имеющихся и специфики разработки.



## **Глава 2. Проектирование системы телеуправления для безэкипажного катера**

### **2.1 Требования к проектируемой системе**

В данном пункте приведены основные требования, выдвигаемые к проектируемой системе телеуправления для безэкипажного катера в целом, аппаратному обеспечению и программному обеспечению. Ниже перечислены основные требования к системе в целом:

- работа в режиме реального времени, команды и контролирующая информация должна поступать от компьютера оператора к безэкипажному катеру без задержек, чтобы система должна адекватно отражать состояние и работоспособность систем катера;
- надежность каналов передачи и достоверность передаваемой информации, все данные которые поступают с катера на компьютер оператора и наоборот, должны быть однозначно интерпретируемы и не содержать в себе ошибочных данных;
- использование высокоскоростных каналов связи. Один из важнейших компонентов системы телеуправления, одновременно и самый дорогой. От правильно выбранного канала связи, зависит эффективность работы системы в целом, если канал связи будет неэффективный, то соответственно будут потери информации или другие возможные проблемы с работоспособностью системы.

Требования к аппаратной части системы приведены ниже:

- скорость Wi-Fi модуля должна быть не менее 100 Мбит/с, для осуществления передачи потокового видеосигнала с камеры, с разрешением не менее 720p;
- частота работы Wi-Fi модуля 2,4 ГГц, чтобы исключить возможные пересечения каналов с домашними маршрутизаторами и гораздо большей надежности;

- видеокамера должна снимать изображение с качеством не менее 720p;
- зона покрытия сигнала Wi-Fi должна составлять не менее 1500 м, это необходимо для того, чтобы катером можно было управлять на достаточном отдалении от компьютера оператора;
- микрокомпьютер должен иметь возможность потоковой обработки видеоизображения, необходимо для предоставления оператору актуального и качественного видеоизображения на экране компьютера.

Требования к программному обеспечению, представлены ниже:

- информативность – получение актуальной информации в удобном представлении для оператора, система должна отражать информацию об основных системах катера и их состоянии;
- удобство использования – программное обеспечение, должно быть интуитивно понятным для оператора знакомого с безэкипажным катером и знающим специфику работы. Не должно быть нагромождения информации в одном «окне» системы;
- функциональность – система должна обладать гибкими настройками, и возможностью использования большого числа функций, под те или иные задачи.

## **2.2 Решение задачи многокритериального выбора микрокомпьютера для установки в безэкипажный катер.**

В рамках разработки проекта, необходимо решить задачу многокритериального выбора микрокомпьютера для установки в безэкипажный катер. Решение данной задачи необходимо для принятия верного решения, в области, где объекты обладают множеством критериев (характеристик) используются специальные алгоритмы и методы решений. Основные методы, которые используются в данном исследовании:

1. Метод общего свертывания критериев
2. Метод поэтапного учета критериев

3. Метод постепенного наращивания свертки
4. Метод с использованием соотношения «цена-баллы»
5. Усовершенствованный метод свертки

### 2.2.1 Постановка задачи многокритериального выбора

Дано:

1. Исходные данные о характеристиках различных микрокомпьютеров.

2. Способ нормирования исходных критериев.

3. Способ определения весовых коэффициентов: экспертный.

4. Методы многокритериального выбора.

5. Ограничения:

1)  $\alpha(j) \in [0; 1]$ , где  $\alpha(j)$  – весовые коэффициенты;

2)  $\sum \alpha(j) = 1$ ;

6. Критерий: обобщенная свёртка нормирования показателей  $K^{cb}$ ,

Требуется:

1. Провести многокритериальный выбор микрокомпьютеров представленного методами при соблюдении ограничений и по оптимальным значениям  $K^{cb}$ ;

2. Оценить результат выбора на предмет их согласованности.

В таблицу 1 внесены исходные данные о характеристиках для различных моделей микрокомпьютеров.

Таблица 2 - Исходные данные для различных микрокомпьютеров

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
№	Количество ядер процессора	Частота процессора МГц	Размер оперативной памяти Гб	Стоимость, руб.	Наличие видео чипа	Модель микрокомпьютера
1	4	800	2	10000	1	Orange Pi Win Plus

Продолжение таблицы 2 - Исходные данные для различных микрокомпьютеров

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
№	Количество ядер процессора	Частота процессора МГц	Размер оперативной памяти Гб	Стоимость, руб.	Наличие видеочипа	Модель микрокомпьютера
2	2	1200	0,512	2900	0	Banana Pi BPI-M3
3	2	900	1	2499	0	Cubieboard3
4	4	1400	1	3500	1	Raspberry PI3
5	4	1000	2	8900	0	ODROID-XU4

Для нормирования используются 2 формулы:

$$K(N, j) = \frac{Q(N, j) - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$K(N, j) = \frac{Q_{\max} - Q(N, j)}{Q_{\max} - Q_{\min}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $K(N, j)$  – значение нормированного критерия;

$Q_{\max}$  – максимальное значение исходного критерия;

$Q_{\min}$  – минимальное значение исходного критерия;

$Q(N, j)$  – значение N-ого исходного критерия.

Проведем нормирование критериев. Количество ядер процессора, максимальная частота процессора, размер оперативной памяти, количество видео выходов должны стремиться к максимальному значению, поэтому для расчёта используем формулу (1), а цена должна стремиться к минимуму, для расчёта используем формулу (2). Занесём в таблицу 2 пронормированные и проранжированные критерии.

Продолжение таблицы 3 – Пронормированные и проранжированные критерии и результаты используемого метода общей свёртки

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$
1	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
2	0,00	0,67	0,00	0,95	0,00
3	0,00	0,17	0,33	1,00	1,00
4	1,00	1,00	0,33	0,87	1,00
5	1,00	0,33	1,00	0,15	0,00

Таблица 3 – Пронормированные и проранжированные критерии и результаты используемого метода общей свёртки

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$
a(j)	0,2	0,25	0,15	0,1	1,00

### 2.2.2 Метод общего свертывания критериев

Посчитаем критерии свертки для моделей микрокомпьютеров, используя формулу (3), и занесём их в таблицу 4.

$$K^{CB}(N, j) = \alpha_1 * K_{1j} + \alpha_2 * K_{2j} + \dots + \alpha(j) * K(N, j), \quad (3)$$

где  $K^{CB}(N, j)$  – значение N-ого критерия свёртки,

$\alpha(j)$  – весовые коэффициенты,

$K(N, j)$  – значение N-ого нормированного критерия.

Проведём расчёт критериев свёртки по формуле (3) и занесем результаты расчетов в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов

Номер	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$	$K^{CB}$
1	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,55
2	0,00	0,67	0,00	0,95	0,00	0,36
3	0,00	0,17	0,33	1,00	1,00	0,59
4	1,00	1,00	0,33	0,87	1,00	0,87
5	1,00	0,33	1,00	0,15	0,00	0,36
a(j)	0,2	0,25	0,15	0,1	0,3	

Поскольку максимальное значение  $K^{CB}$  получено для четвертого варианта, то данный метод предлагает выбор микрокомпьютера Raspberry Pi 3.

### 2.2.3 Метод поэтапного учета критериев

На первом этапе анализируем значения самого важного по приоритету критерия. Отбрасываем те значения, в которых  $K_5$  принимает минимальное значение  $N = 2, 5$ .

На втором этапе из оставшихся моделей микрокомпьютеров анализируем следующий по важности критерий, то есть для  $K_2$  отбрасываем  $N = 1$ .

На третьем этапе анализируем следующий по важности критерий, для  $K_1$  отбрасываем  $N = 3$ .

В итоге, данный метод предлагает выбор микрокомпьютера под номером четыре, в данном случае это микрокомпьютер марки Raspberry Pi 3, удовлетворяет требованиям метода.

#### **2.2.4 Метод постепенного наращивания свертки**

На первом этапе рассматриваем и анализируем самый важный критерий для всех микрокомпьютеров и отбрасываем минимальное значение. В данном случае, отбрасываем вторую и пятую модель микрокомпьютера.

На втором этапе вычисляем критерий свертки по двум показателям для оставшихся микрокомпьютеров и отбрасываем самые минимальные из них, берутся первые два критерия:

$$K^{св(2)}(1,j) = 0,3*1 + 0,25*0 = 0,3;$$

$$K^{св(2)}(3,j) = 0,3*1 + 0,25*0,17 = 0,34;$$

$$K^{св(2)}(4,j) = 0,3*1 + 0,25*1 = 0,55.$$

Отбрасываем первую модель микрокомпьютера.

На третьем этапе вычисляем критерий свертки по трём показателям для оставшихся микрокомпьютеров и отбрасываем минимальные из них, берутся первые 3 критерия:

$$K^{св(3)}(3,j) = 0,3*1 + 0,25*0,17 + 0,2*0 = 0,34;$$

$$K^{св(3)}(4,j) = 0,3*1 + 0,25*1 + 0,2*1 = 0,75.$$

Таким образом, на третьем этапе, отбросив третью модель микрокомпьютера, лучшей является четвертая модель.

### 2.2.5 Метод с использованием соотношения «цена-баллы»

Сформируем таблицу 4, в которой не участвует цена в качестве критерия.

Таблица 4 – Критерии без учета цены и результаты используемого метода с учётом соотношения «цена – баллы»

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_5(Q_5)$	$S_{отн}$	$K^{cb}$	Z
1	1,00	0,00	1,00	1,00	1	0,65	1,54
2	0,00	0,67	0,00	0,00	0,29	0,23	1,24
3	0,00	0,17	0,33	1,00	0,2499	0,41	0,61
4	1,00	1,00	0,33	1,00	0,35	0,90	0,39
5	1,00	0,33	1,00	0,00	0,89	0,47	1,91
$\alpha(j)$	0,2	0,35	0,15	0,3			

$K^{cb}$  рассчитываем по первому методу, Z рассчитываем по формуле (5) и рассчитаем  $S_{отн}$  по формуле (4).

$$S_{отн}(N) = \frac{S(N)}{S_{max}}, \quad (4)$$

$$Z(N) = \frac{S_{отн}(N)}{K^{cb}}, \quad (5)$$

где  $S(N)$  – значение стоимости N-ой модели микрокомпьютера;

$S_{отн}(N)$  – нормированное значение стоимости N-ой модели микрокомпьютера;

$S_{max}$  – значение максимальной стоимости модели микрокомпьютера;

$Z(N)$  – значение отношения нормированной цены  $S_{отн}(N)$  к критерию свёртки.

Рассчитаем нормированные значения стоимости каждой модели микрокомпьютера по формуле (4):

$$S_{отн}(1) = 10000/10000 = 1;$$

$$S_{отн}(2) = 2900/10000 = 0,29;$$

$$S_{отн}(3) = 2499/10000 = 0,2499;$$

$$S_{отн}(4) = 3500/10000 = 0,35;$$

$$S_{отн}(5) = 8900/10000 = 0,89.$$

Рассчитаем критерии свёртки по формуле (3):

$$K^{CB}(1) = 0,2*1 + 0,35*0 + 0,15*1 + 0,3*1 = 0,65;$$

$$K^{CB}(2) = 0,2*0 + 0,35*0,67 + 0,15*0 + 0,3*0 = 0,23;$$

$$K^{CB}(3) = 0,2*0 + 0,35*0,17 + 0,15*0,33 + 0,3*1 = 0,41;$$

$$K^{CB}(4) = 0,2*1 + 0,35*1 + 0,15*0,33 + 0,3*1 = 0,90;$$

$$K^{CB}(5) = 0,2*1 + 0,35*0,33 + 0,15*1 + 0,3*0 = 0,47.$$

Рассчитаем значения  $Z(N)$  по формуле (5):

$$Z(1) = 1/0,65 = 1,54;$$

$$Z(2) = 0,29/0,23 = 1,24;$$

$$Z(3) = 0,24/0,41 = 0,61;$$

$$Z(4) = 0,35/0,90 = 0,38;$$

$$Z(5) = 0,89/0,47 = 1,9.$$

Таким образом, наилучшим вариантом является четвертая модель, так как минимальному значению  $Z$  соответствует четвертый вариант.

### 2.2.5 Усовершенствованный метод свертки

Внесём в таблицу 5 критерии и рассчитаем усовершенствованные критерии свертки по формуле.

Таблица 5 – Критерии с усовершенствованным критерием свертки

№	$K_1(Q_1)$	$K_2(Q_2)$	$K_3(Q_3)$	$K_4(Q_4)$	$K_5(Q_5)$	$\gamma(N)$	$K_{ус}^{CB}$
1	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	2	0,75
2	0,00	0,67	0,00	0,95	0,00	2	0,56
3	0,00	0,17	0,33	1,00	1,00	0	0,59
4	1,00	1,00	0,33	0,87	1,00	1	0,97
5	1,00	0,33	1,00	0,15	0,00	3	0,66
$\alpha(j)$	0,2	0,25	0,15	0,1	0,3		

Рассчитаем усовершенствованные критерии свертки по формуле (6).

$$K_{ус}^{CB} = K_{CB} + \frac{0,5*\gamma}{n}, \quad (6)$$



где  $\gamma$  – число раз в каждой строчке, когда последующий критерий меньше предыдущего.

$n$  – количество моделей микрокомпьютеров.

$$K_{yc}^{CB}(1) = 0,55 + 0,5 \cdot 2/5 = 0,75;$$

$$K_{yc}^{CB}(2) = 0,36 + 0,5 \cdot 2/5 = 0,56;$$

$$K_{yc}^{CB}(3) = 0,59 + 0,5 \cdot 0/5 = 0,59;$$

$$K_{yc}^{CB}(4) = 0,87 + 0,5 \cdot 1/5 = 0,97;$$

$$K_{yc}^{CB}(5) = 0,36 + 0,5 \cdot 3/5 = 0,66.$$

Таким образом, четвертая модель микрокомпьютера является самой лучшей, так как  $K_{yc}^{CB}$  максимальна в четвертом варианте. Вывод: все решения получились согласованными, и было принято выбрать Raspberry Pi 3. Она удовлетворяет всем заявленным требованиям, выявленным с помощью методов многокритериального выбора.

## **2.3 Описание инструментов и решения**

### **2.3.1 Описание микрокомпьютера Raspberry Pi 3**

Характеристики Raspberry Pi 3B подходят по большинству характеристик необходимых для успешной реализации системы телеуправления [6].

Параметры данного устройства следующие:

- четырехъядерный процессор, работающий на частоте 1,6 гигагерца;
- 1 гигабайт ОЗУ;
- порта USB;
- 40-пиновый интерфейс ввода/вывода.

Однако микрокомпьютер Raspberry Pi 3 model B имеет как минимум 3 вещи, которые сделали его очень привлекательным для любителей электроники. Первая – новый процессор Cortex-A53. Его ключевое отличие от Cortex-A7, остановленного в предыдущей модели, заключается в

поддержке 64-битных инструкций. Вторая – модуль WiFi стандарта 802.11n. Внешний вид представлен на рисунке 8.

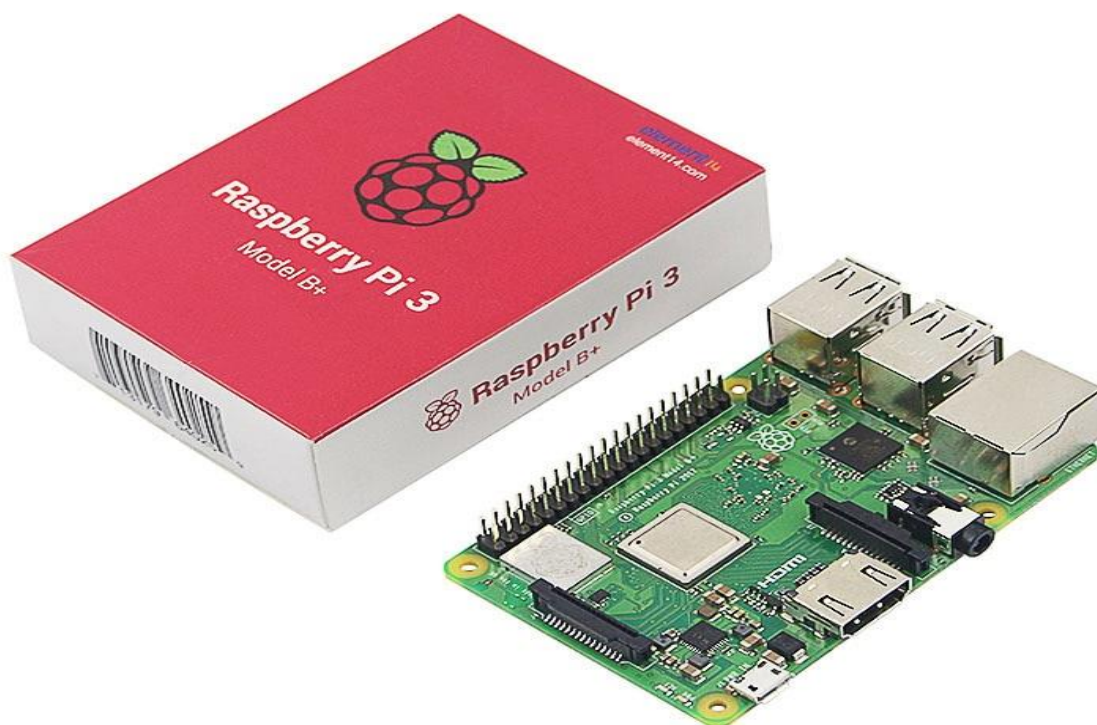


Рисунок 8 – внешний вид Raspberry Pi 3.

Все они подразделяются на 3 группы. К первой относятся питающие (на англоязычных схемах маркируются как Power) – они подают электричество в 3,3 и 5 Вольт. При этом у разных контактов данного назначения различное напряжение. Это обязательно следует учитывать при подключении модулей.

Ко второй – заземляющие (могут именоваться RND или Ground). Они нужны, чтобы отводить электричество, тем самым обеспечивая безопасное использование.

К третьей – порты (имеют обозначение BCM). Именно они служат теми контактами, которые могут принимать и отправлять сигналы.

Пользователь может подключать модули к любым из них. Самое главное – чтобы было удобно обеспечивать питание подсоединённых компонентов. На рисунке 9 представлена схема пинов для подключения периферийных устройств.

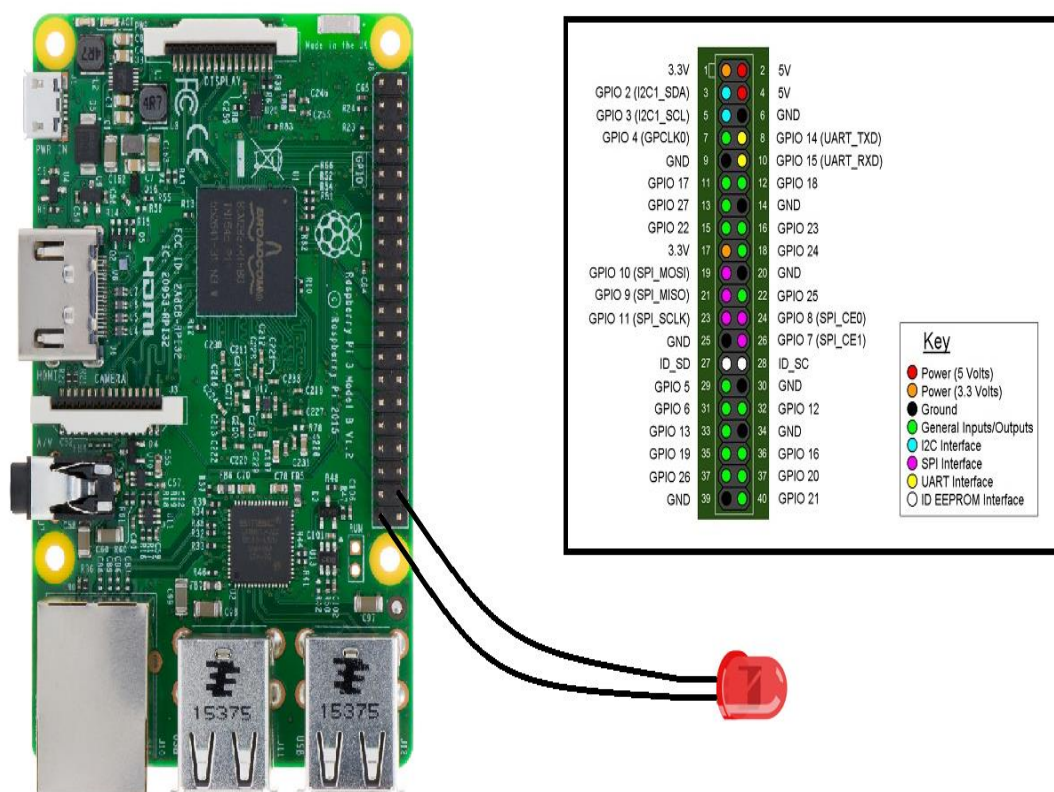


Рисунок 9 – схема пинов для подключения периферийных устройств.

### 2.3.2 Описание точки доступа Ubiquiti Nanostation loco M2:

Ubiquiti Nanostation loco M2 – WiFi точка доступа для 2,4 ГГц диапазона. Позволяет поддерживать скорость соединения до 150 МБит/с на небольших расстояниях (до 4-5 км) [7]. Основные особенности:

- Интегрированная антенна с двойной поляризацией, с усилением в 8 дБи;
- Использование технологий AirMax и MIMO 2x2.

В Ubiquiti Nanostation M2 loco также имеет встроенные методы устранения помех приема сигнала, внешний вид точки доступа представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – внешний вид точки доступа Ubiquiti Nanostation M2 loco.

Точка доступа обладает защитой от внешних погодных условий (диапазон рабочих температур от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $80^{\circ}\text{C}$ , влагозащищенность). Питание точки осуществляется по технологии PoE, что также имеет массу преимуществ при установке. Мощность передатчика 23 дБм Тип Wi-Fi точка доступа Стандарт беспроводной связи 802.11 b/g/AirMax .

### **2.3.3 Описание видеокamеры GoPro Hero 4**

Видеокамера GoPro Hero 4 необходима в системе телеуправления для создания потокового видеосигнала, для оператора, чтобы оператор мог корректировать движение катера в акватории с помощью визуального представления. Это поможет избежать различного рода препятствий, выхода на точку установки навигационных буев, при разворачивании системы

длиннобазной навигации, внешний вид видеокамеры изображен на рисунке 11.



Рисунок 11 – внешний вид видеокамеры GoPro Hero 4

Данная видеокамера позволяет вести съемку в качестве 4K 30fps. Камера подключается по разъему miniHDMI к микрокомпьютеру и передает видеоизображение в потоковом режиме. Данное решение подходит для реализации системы телеуправления в рамках проекта безэкипажного катера промежуточного класса, идеально, по нескольким причинам:

- Удобство в использовании и настройке;
- Наличие пыле-влагозащиты;
- Присутствие современных интерфейсов передачи данных.

Таким образом, все аппаратные требования выдвигаемые при проектировании системы выполнены, на этапе выбора оборудования.

#### **2.3.4 Выбор инструментов для разработки программного обеспечения**

### 2.3.4.1 Описание языка программирования C#

Для разработки программного обеспечения необходимы интегрированные среды разработки. В рамках выполнения данного проекта, было принято использовать высокоуровневый язык программирования C# (C Sharp). C# - это современный объектно-ориентированный язык программирования, с использованием принципов типо-безопасности. У данного языка есть схожие черты с такими языками как джава и си++. Но у него имеется ряд уникальных особенностей, программная платформа .Net является кроссплатформенной, что делает разработку приложений для других операционных систем простой и легкой [8].

На сегодняшний момент язык программирования C# один из самых мощных, быстро развивающихся и востребованных языков в ИТ-отрасли. В настоящий момент на нем пишутся самые различные приложения: от небольших десктопных программ до крупных веб-порталов и веб-сервисов, обслуживающих ежедневно миллионы пользователей.

По сравнению с другими языками C# достаточно молодой, но в то же время он уже прошел большой путь. Первая версия языка вышла вместе с релизом Microsoft Visual Studio .NET в феврале 2002 года. Текущей версией языка является версия C# 7.0, которая вышла в 7 марта 2017 года вместе с Visual Studio 2017. C# является языком с Си-подобным синтаксисом и близок в этом отношении к C++ и Java. Поэтому, если вы знакомы с одним из этих языков, то овладеть C# будет легче [9].

C# является объектно-ориентированным и в этом плане много перенял у Java и C++. Например, C# поддерживает полиморфизм, наследование, перегрузку операторов, статическую типизацию. Объектно-ориентированный подход позволяет решить задачи по построению крупных, но в тоже время гибких, масштабируемых и расширяемых приложений. И C# продолжает активно развиваться, и с каждой новой версией появляется все больше интересных функциональностей, как, например, лямбды, динамическое связывание, асинхронные методы и т.д.

Когда говорят C#, нередко имеют в виду технологии платформы .NET (WPF, ASP.NET). И, наоборот, когда говорят .NET, нередко имеют в виду C#. Однако, хотя эти понятия связаны, отождествлять их неверно. Язык C# был создан специально для работы с фреймворком .NET, однако само понятие .NET несколько шире.

Как-то Билл Гейтс сказал, что платформа .NET - это лучшее, что создала компания Microsoft. Возможно, он был прав. Фреймворк .NET представляет мощную платформу для создания приложений. Можно выделить следующие ее основные черты:

- поддержка нескольких языков. Основой платформы является общезыковая среда исполнения Common Language Runtime (CLR), благодаря чему .NET поддерживает несколько языков: наряду с C# это также VB.NET, C++, F#, а также различные диалекты других языков, привязанные к .NET, например, Delphi.NET. При компиляции код на любом из этих языков компилируется в сборку на общем языке CIL (Common Intermediate Language) - своего рода ассемблер платформы .NET. Поэтому мы можем сделать отдельные модули одного приложения на отдельных языках;

- кроссплатформенность. .NET является переносимой платформой (с некоторыми ограничениями). Например, последняя версия платформы на данный момент .NET Framework поддерживается на большинстве современных ОС Windows (Windows 10/8.1/8/7/Vista). А благодаря проекту Mono можно создавать приложения, которые будут работать и на других ОС семейства Linux, в том числе на мобильных платформах Android и iOS;

- мощная библиотека классов. .NET представляет единую для всех поддерживаемых языков библиотеку классов. И какое бы приложение мы не собирались писать на C# - текстовый редактор, чат или сложный веб-сайт - так или иначе мы задействуем библиотеку классов .NET;

- разнообразие технологий. Общезыковая среда исполнения CLR и базовая библиотека классов являются основой для целого стека технологий, которые разработчики могут задействовать при построении тех

или иных приложений. Например, для работы с базами данных в этом стеке технологий предназначена технология ADO.NET. Для построения графических приложений с богатым насыщенным интерфейсом - технология WPF. Для создания веб-сайтов - ASP.NET и т.д.

Также еще следует отметить такую особенность языка C# и фреймворка .NET, как автоматическая сборка мусора. А это значит, что нам в большинстве случаев не придется, в отличие от C++, заботиться об освобождении памяти. Вышеупомянутая общезыковая среда CLR сама вызовет сборщик мусора и очистит память [10].

Нередко приложение, созданное на C#, называют управляемым кодом (managed code). Что это значит? А это значит, что данное приложение создано на основе платформы .NET и поэтому управляется общезыковой средой CLR, которая загружает приложение и при необходимости очищает память. Но есть также приложения, например, созданные на языке C++, которые компилируются не в общий язык CIL, как C# или VB.NET, а в обычный машинный код.

В этом случае .NET не управляет приложением. В то же время платформа .NET предоставляет возможности для взаимодействия с неуправляемым кодом. Мы наряду со стандартными классами библиотеки .NET можем также использовать сборки COM.

Как выше писалось, код на C# компилируется в приложения или сборки с расширениями exe или dll на языке CIL. Далее при запуске на выполнение подобного приложения происходит JIT-компиляция (Just-In-Time) в машинный код, который затем выполняется.

При этом, поскольку наше приложение может быть большим и содержать кучу инструкций, в текущий момент времени будет компилироваться лишь та часть приложения, к которой непосредственно идет обращение. Если мы обратимся к другой части кода, то она будет скомпилирована из CIL в машинный код. При том уже скомпилированная



часть приложения сохраняется до завершения работы программы. В итоге это повышает производительность [11] .

#### 2.3.4.2 Описание среды разработки Microsoft Visual Studio Code

Разработка программного обеспечения для компьютера оператора и микрокомпьютера на языке. C# в специальной кроссплатформенной IDE Microsoft Visual Studio Code. Данная IDE может быть установлена на Linux и Windows, что облегчает разработку программного обеспечения, также стоит заметить, что Visual Studio Code является бесплатно распространяемой.

В контексте Visual Studio Code можно выполнить любую команду командной строки и просмотреть результаты работы прямо из среды разработки. Таким образом можно использовать внешние компиляторы, отладчики, средства тестирования и тд. Интерфейс интегрированной среды разработки представлен на рисунке 12.

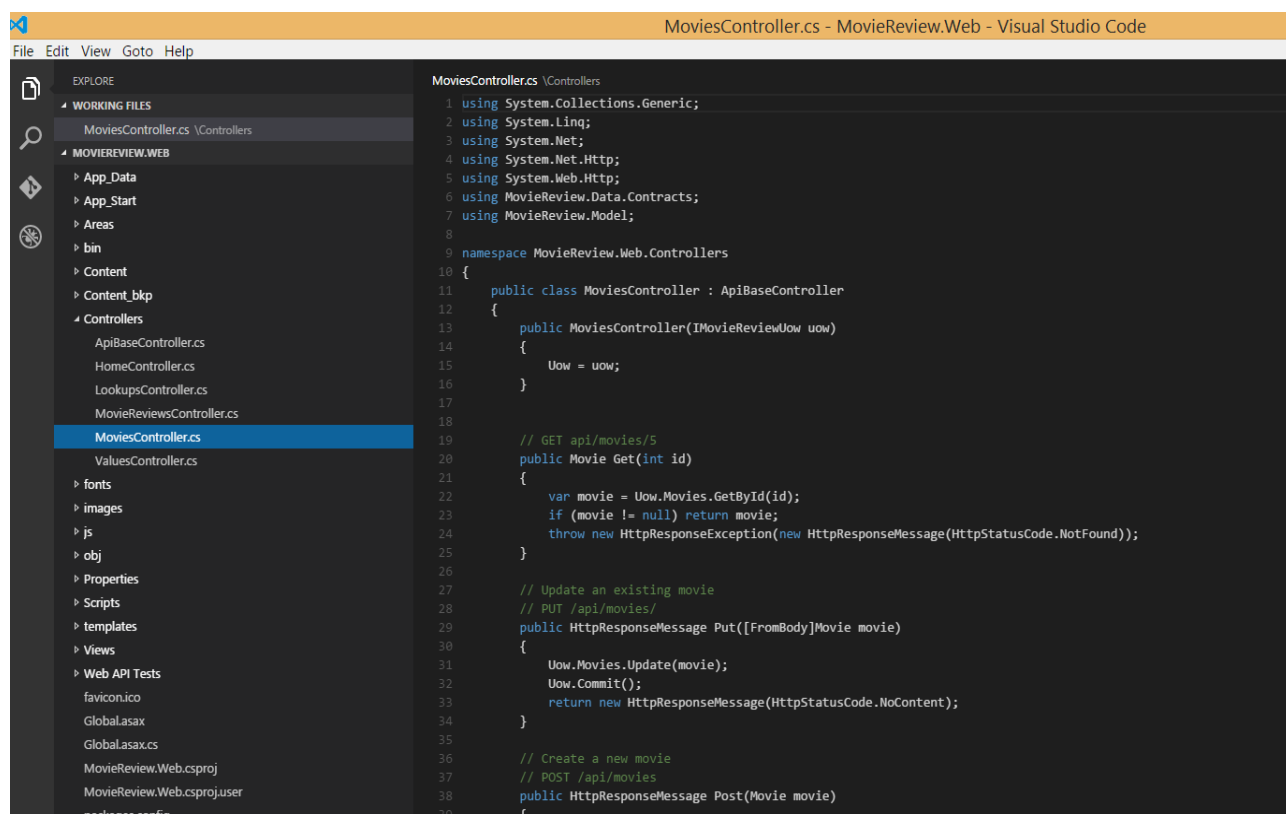


Рисунок 12 – Интерфейс Visual Studio Code

## **2.4 Выводы по разделу проектирование системы телеуправления**

В данном разделе были выдвинуты требования к проектируемой системе телеуправления безэкипажным катером, также к аппаратному обеспечению и программному обеспечению.

Была решена задача многокритериального выбора микрокомпьютера для установки в безэкипажный катер, итогом стал выбор микрокомпьютера Raspberry Pi 3.

Были описаны инструменты и решения в рамках проекта, описание характеристик микрокомпьютера Raspberry Pi 3, также было приведено описание точки доступа и её характеристик, выбрана видеокамера GoPro Hero 4, для передачи видеосигнала на компьютер оператора.

Был выбран и описаны основные особенности языка программирования C# для разработки программного обеспечения и интегрированная среда разработки Visual Studio Code.

## Раздел 3. Реализация системы телеуправления для безэкипажного катера

### 3.1 Построение архитектуры работы системы телеуправления безэкипажного катера

Полная архитектура системы управления безэкипажным катером представлена на рисунке 13.

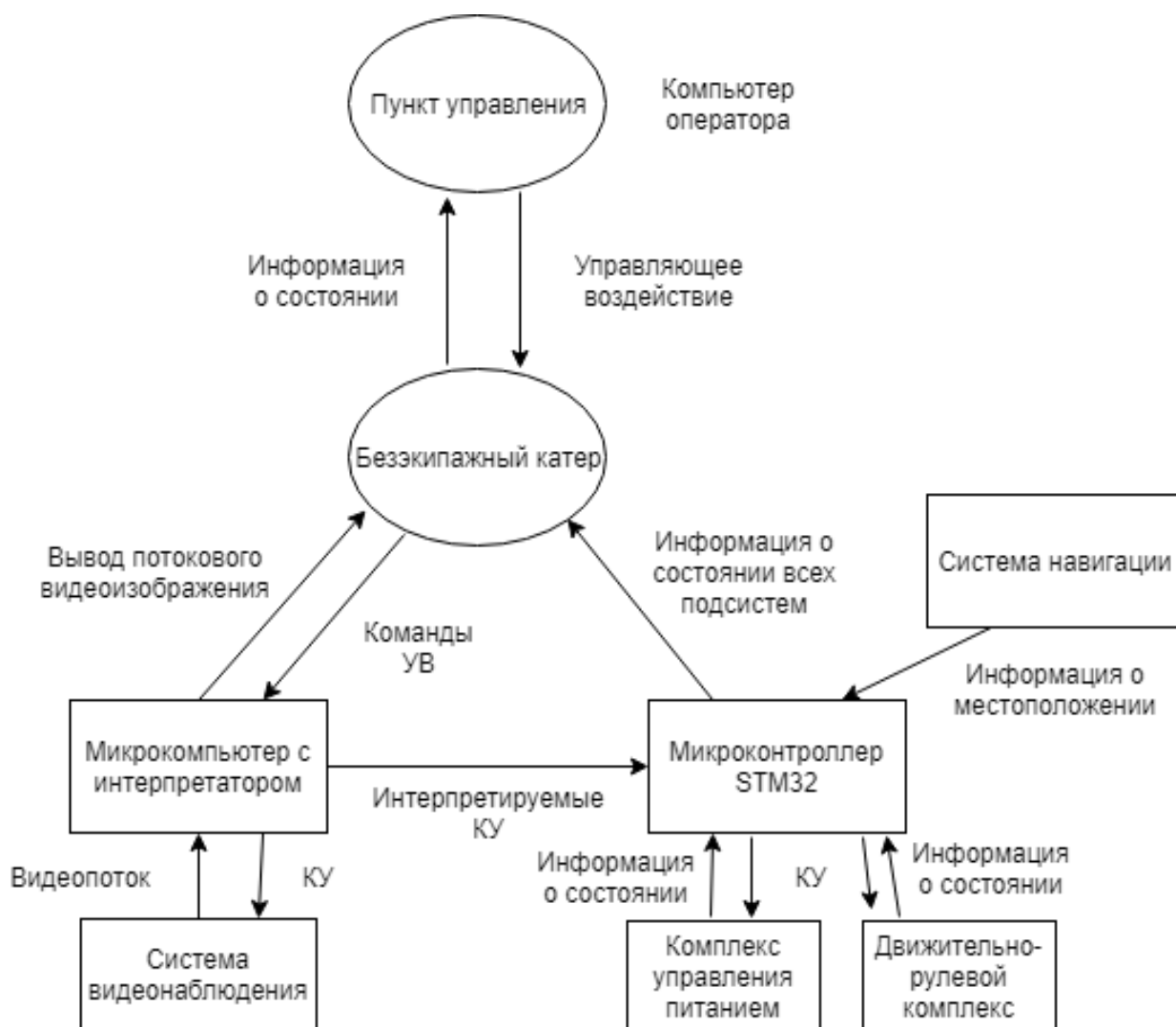


Рисунок 13 – Полная архитектура системы управления.

Действующая система управления катером, включает в себя, получение информации о состоянии подсистем и комплексов, имеет возможность нанесения управляющего воздействия посредством написания исполняемого кода. Это достаточно неудобный способ управления, поэтому было принято

решение об интеграции системы телеуправления в действующую систему. Он предполагает использование команд понятных оператору и устройство интерпретатор для управления микроконтроллером STM32.

В рамках магистерской диссертации, задачей была разработка системы телеуправления. Архитектура системы телеуправления безэкипажным катером в систему управления представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 - Архитектура системы телеуправления безэкипажным катером.

На рисунке представлены потоки управляющих команд и информация о состоянии катера. Пункт управления это компьютер оператора, на котором собирается вся информация о работоспособности систем и подсистемах катера.

Пульт управления осуществляет управляющее воздействие на системы катера с помощью специальных команд управления, данные команды приходят на микрокомпьютер, где интерпретируются в язык понятный для микроконтроллера STM32.

Информация о состоянии подсистем поступает на пульт управления в виде специальных строк, которые преобразуются в удобный для оператора вид. Также на пульт управления с микрокомпьютера поступает потоковое видеоизображение, с помощью которого оператор ориентируется в пространстве.

Был создан набор команд управления и программный интерпретатор в микрокомпьютере. Микрокомпьютер с интерпретатором, отправляет интерпретированные команды управления на микроконтроллер, систему видеонаблюдения. С помощью микро компьютера также происходит обработка и потоковая передача видео изображения по протоколу TCP/IP. Физическая реализация данной архитектуры, представлена в виде набора компонентов включающих в себя:

1. Компьютер оператора (пульт управления);
2. Точку доступа Wi-Fi;
3. Микрокомпьютер с Wi-Fi модулем для подключения к точке доступа;
4. Видеокамера для получения видео изображения;
5. Микроконтроллер STM32.

На основании данной архитектуры была начата реализация системы телеуправления безэкипажным катером.

### **3.2 Программная реализация сервера и клиента на компьютере оператора**

Программное обеспечение для управления безэкипажным катером состоит из нескольких программных модулей, взаимодействующих по протоколу TCP/IP и (или) радиоканалу.

Internet protocol suite - это концептуальная модель и набор коммуникационных протоколов, используемых в интернете и аналогичных компьютерных сетях.

Он широко известен как TCP / IP, поскольку основополагающими протоколами в пакете являются протокол управления передачей (TCP) и Интернет-протокол (IP). Пакет интернет-протоколов обеспечивает сквозную передачу данных, указывая, как данные должны быть упакованы, адресованы, переданы, маршрутизированы и получены.

Эта функциональность организована в четыре уровня абстракции, которые классифицируют все связанные протоколы в соответствии с областью задействованных сетей.

На рисунке 15 представлен сервер на компьютере оператора для обеспечения связи с безэкипажным катером и просмотра клиентов, которые подключены к этому серверу. В данном случае безэкипажный катер выступает в качестве клиента 1 и с определенной периодичностью передаёт данные серверу.

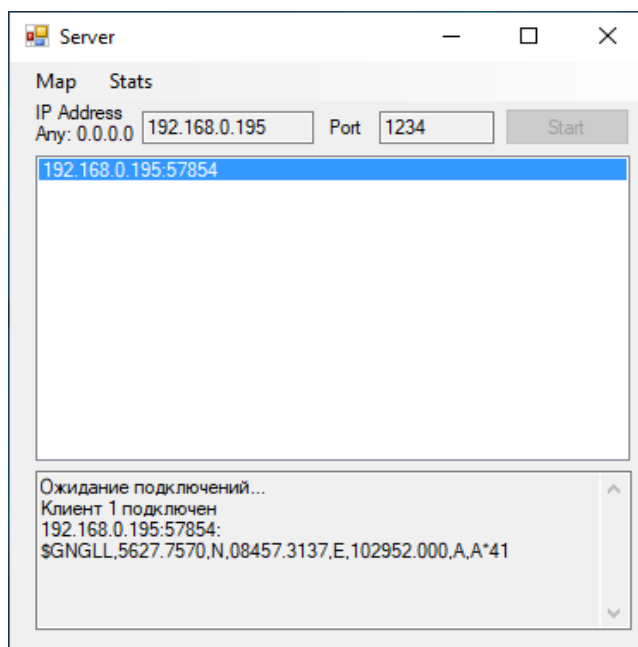


Рисунок 15 – Сервер для получения и рассылки данных клиентам

Все данные, поступающие с безэкипажного катера на сервер, сортируются и отображаются в строке состояния сервера. Данные,

приходящие с безэкипажного катера обрабатываются и выводятся на форме у клиента, которая представлена на рисунке 16.

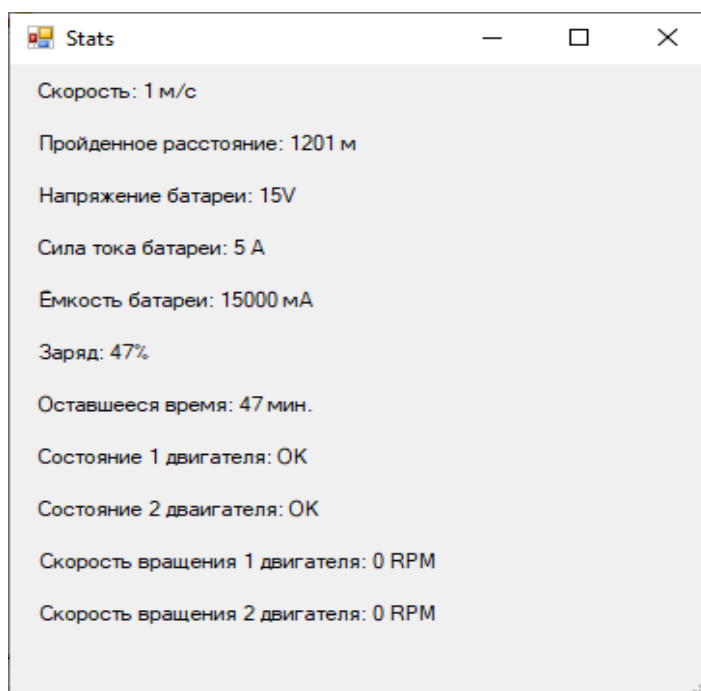


Рисунок 16 – Данные безэкипажного катера, обрабатываемые на сервере

Данные обрабатываемые на сервере предоставляют информацию о состоянии всех подсистем катера, с помощью этой информации оператор может узнать текущую скорость катера, заряд аккумулятора, оставшееся время работы катера в акватории, при текущем расходе заряда. Пройденное расстояние с начала работы, емкость батареи. Состояние двигателей, скорость вращения, включены ли двигатели.

Данные передаются с сервера на клиент в режиме реального времени, для того, чтобы оператор имел актуальную информацию о состоянии катера и мог принять своевременное решение, о внесении управляющего воздействия.

Первая тестовая реализация системы телеуправления безэкипажного катера представлена на рисунке 17, данное приложение является клиентской частью системы, с помощью которого оператор может управлять двигателями безэкипажного катера, подключиться к серверу.

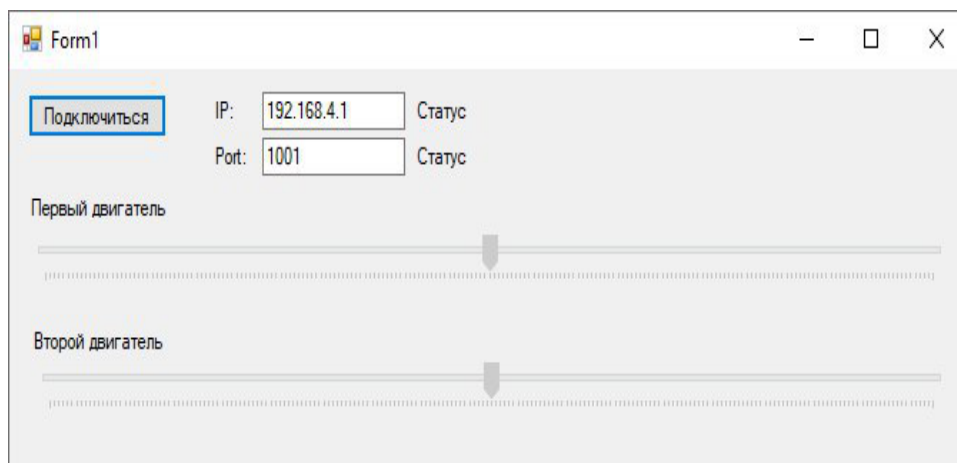


Рисунок 17 – Тестовая реализация системы телеуправления

Реализованное программное обеспечение для оператора не обладает достаточной информативностью, интерфейс программы нуждался в полной переработке.

Поэтому было принято решение о переработки клиентской части приложения. Данное программное обеспечение должно обеспечивать пользователя (оператора), актуальной информацией в режиме реального времени. На рисунке 18 представлен интерфейс главного меню пульта оператора системы телеуправления.

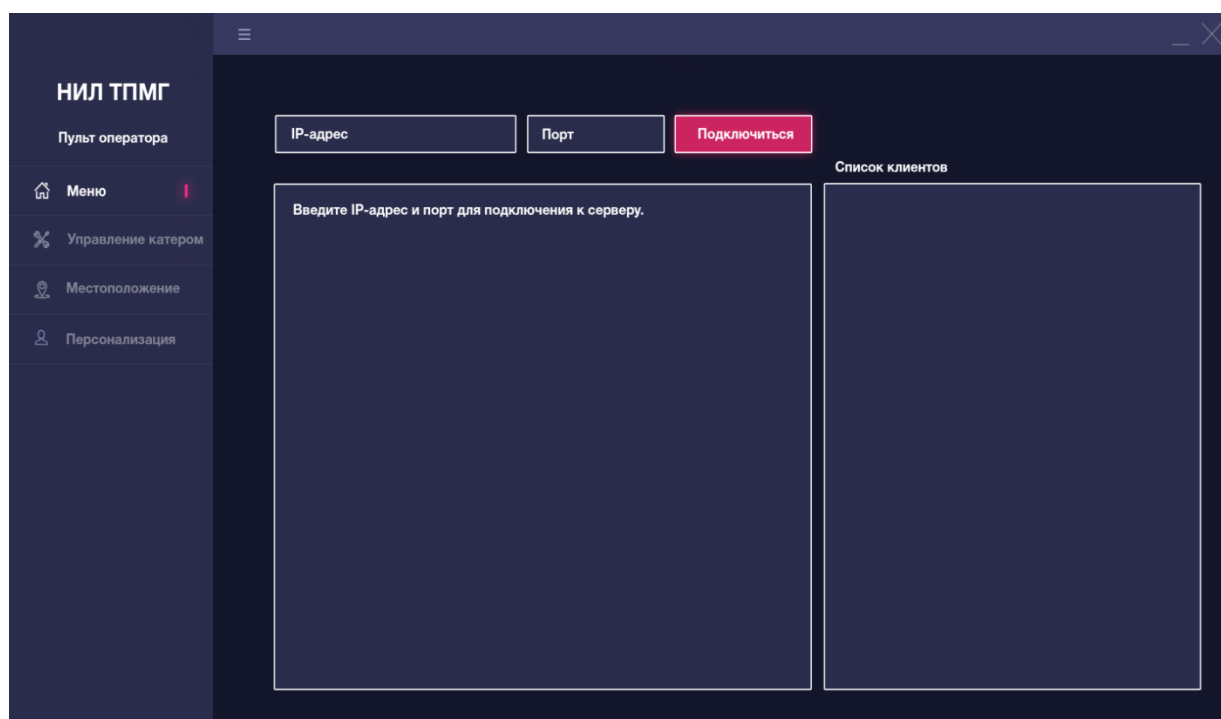


Рисунок 18 – Главное меню пульта оператора системы телеуправления.



В главном меню оператору предоставлена информация о подключении к серверу по протоколу TCP/IP, строка состояния, на которую выводится статус подключения, информация о местоположении. Форма для ввода IP-адреса и порта для подключения к серверу. Также можно посмотреть список текущих клиентов подключенных к безэкипажному катеру и серверу. У оператора имеется возможность использования набора функций используемых при взаимодействии с безэкипажным катером, такими как управление катером, с информацией о состоянии всех подсистем, форма с функцией определения точного местоположения, а также возможность персонализации, самого приложения.

При переходе на форму «Управление катером», открывается окно с информацией о состоянии всех подсистем катера, а также система телеуправления, интерфейс формы представлен на рисунке 19.

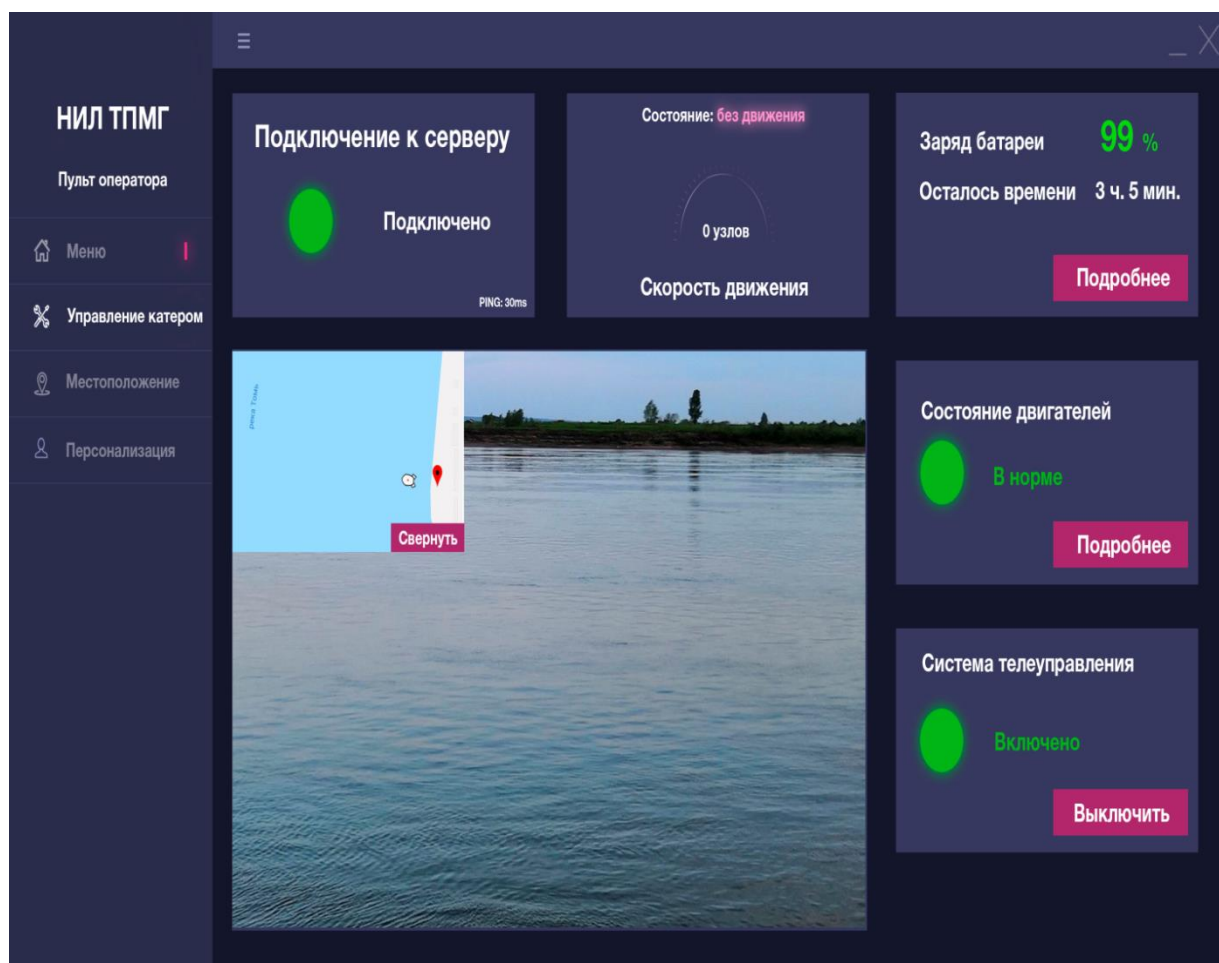


Рисунок 19 – Интерфейс формы «Управление катером»

Данный интерфейс предоставляет оператору возможность использования системы телеуправления в полной мере, данная система позволяет управлять движением катера в акватории с пульта оператора, с помощью неё передаются управляющие воздействия для различных подсистем катера. С помощью данной системы можно получать потоковый видеосигнал, для того, чтобы БЭК мог обходить потенциально опасные участки. Также можно отслеживать маршрут с помощью миникарты.

В данном интерфейсе оператор получает информацию в режиме реального времени о скорости движения катера в узлах, также передается информация о состоянии, в котором находится катер, движется ли он или стоит на месте.

Имеется подсистема, которая отвечает за предоставление информации о заряде батареи и оставшемся времени работы катера, без подзарядки. При нажатии на кнопку подробнее, откроется форма, с более подробной информацией:

1. Емкость батареи;
2. Расход энергии;
3. Текущем заряде батареи;
4. Состоянии батареи;
5. Пройденном расстоянии в рамках выполнения одной миссии;
6. График расходе заряда батареи за время выполнения одной миссии;
7. Возможность посмотреть информацию о предыдущих запусках.

Подсистема «Состояние двигателей» отвечает за предоставление информации о состоянии двигателей, при нажатии на кнопку «подробнее», оператору будет предоставлена подробная информация:

1. Скорости вращения каждого из двигателей;
2. Температуре двигателей;
3. График активности использования двигателей во время выполнения одной миссии;

4. Нагрузке на двигатели;
5. Информация о предыдущих запусках системы.

С помощью системы телеуправления, оператор осуществляет контроль над всеми подсистемами безэкипажного катера, получения потокового видеосигнала.

Тестирование системы телеуправления проводилось в лабораторных условиях, с помощью тестового образца катера, а также в условиях приближенным к реальным. По итогам тестирования был сделан вывод, о том, что система работоспособна и отвечает выдвинутым требованиям.

Делая вывод по данному разделу, следует отметить, что детально проработанная архитектура системы и реализация программного обеспечения, отвечает всем требованиям. В состав программного обеспечения системы, входит клиентское приложение и серверное. Благодаря реализации данной системы телеуправления, оператор может получать информацию о работе всех систем катера, в режиме реального времени. С помощью данной информации оператор может носить коррективы в работу разных систем, посылая управляющие воздействия на катер, а также перейти в полностью ручной режим управления катером. Система также осуществляет потоковую передачу видеосигнала, чтобы оператор имел представление о препятствиях, потенциально опасных объектах и мог своевременно предпринять действия во избежание чрезвычайных ситуаций.

## **Раздел 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

В нижеприведенном разделе дипломного проекта дается оценка и ресурсосберегательного эффекта от применения потребителями разработанной в магистерской диссертации системы.

Целью представленной магистерской диссертации является создание системы телеуправления для безэкипажного катера. Для достижения данной цели необходимо было выполнить ряд задач, таких как:

- Обзор и анализ предметной области;
- Выбор инструментов решений и подробное их описание;
- Создание, проектирование и реализация системы;
- Проведение исследования финансовой эффективности исследования, ресурсосберегающего потенциала и оценки коммерческих возможностей.

Объектом нашего исследования выступает система телеуправления безэкипажным катером. В работе рассматриваются существующие системы телеуправления. Данное исследование призвано выявить недостатки в существующих системах телеуправления и разработать свою собственную систему телеуправления с их учетом.

В данном разделе выявлены потенциальные потребители разрабатываемой системы, дан анализ существующих конкурентных решений. Описаны и проанализированы финансово-экономические аспекты, проведенной работы. Дана оценка затрат на разработку, а также приближенная экономическая оценка результатов внедрения нашей разработки.

Целью раздела является определение перспективности научно-исследовательского проекта и проектирование конкурентоспособных разработок.

Задачами раздела являются:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование работ по научно-исследовательскому проекту с использованием линейного графика;
- расчет бюджета научного-технического исследования;
- определение экономической эффективности исследования.

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования и разработки системы, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирования будет проводиться с применением географического критерия в комбинации с профессией.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования.

Подобные продукты применяются в разнообразных областях, начиная от повседневных задач, до управления марсоходами. Если брать конкретно нашу разработку, то в основном подобные технические решения чаще всего используются в научных задачах или в вооруженных силах. Например, в вооруженных силах аппараты с использованием систем телеуправления,

позволяют, не подвергая опасности человека, обследовать опасные морские объекты, обезвреживать подводные мины [12].

В океанографии и морской геологии с помощью систем телеуправления проводятся глубоководные исследования, с помощью телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА).

Но у всех действующих разработок есть существенный недостаток, это - необходимость кабельного соединения для работоспособности системы телеуправления, что накладывает ограничения в дальности использования. В свою очередь, наша разработка подразумевает беспроводную связь с катером.

К тому же, таких разработок как безэкипажный катер с беспроводной связью, на данный момент не существует, соответственно и систем к нему тоже, разработка является абсолютно уникальной и требует особого подхода к разработке системы телеуправления, а таблице 6 представлено сегментирование рынка.

Таблица 6. Сегментирование рынка

		Область применения		
		ВС	Океанография	Морская геология
Использование технологий	В пределах страны	Долгосрочная перспектива		
	В пределах региона	Краткосрочная перспектива		
	В пределах города	На этапе внедрения		

В данной таблице приведено сегментирование рынка по области применения и географическому применению нашей разработки.

Областями применения являются:

1. Вооруженные силы;
2. Океанография;

### 3. Морская геология.

Применение нашей разработки в пределах города подразумевается только на этапе внедрения и тестирования, в пределах региона в краткосрочной перспективе для обследования участков рек и различных водоемов.

В пределах страны подразумевается долгосрочное использование нашей разработки, для выполнения поставленных научно-исследовательских, военных задач, например, операции по обследованию потенциально опасных объектов, арктических экспедиций.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Существует много систем телеуправления, в том числе затрагивающих область управления различными аппаратами, однако систем телеуправления с использованием беспроводных сетей на поверхности воды, не существует на данный момент. Поэтому в данной разделе сравнение ведется с косвенными конкурентами.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, потому что данный рынок в настоящее время очень актуальный и новые технологии появляются, практически каждый месяц.

Такой анализ необходим быстрой реакции на изменения рынка и своевременного внесения коррективов в научное исследование и разработку. Обращая внимание на слабые места конкурентов, можно получить большое преимущество на рынке.

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация конкурентных разработках:

- Технические характеристики;
- Конкурентоспособность;
- Актуальность методов реализации;

- Бюджет разработки:
- Уровень проникновения на рынок.

Конкурирующими разработками для нашей системы, являются следующие аппараты:

- супер Гном Про предназначен для проведения подводных осмотровых и обследовательских работ в прибрежных морских и внутренних водах, а так же при осмотре внутренних полостей водонаполненных резервуаров и гидротехнических сооружений;

- комплекс учебно-исследовательского АНПА «Платформа» предназначен для учебно-тренировочных запусков и для перемещения подводного оборудования (полезной нагрузки) в соответствии с программой-заданием (миссией). Миссия представляет собой программу движения АНПА галсами по району с включением бортовых устройств (в т.ч. полезной нагрузки) в определённые моменты времени и с возвратом на обеспечивающее судно;

- квадрокоптер ArduCopter - это летающий аппарат, двигающийся посредством регулирования скорости вращения двигателей с пропеллерами квадрокоптер, является простым типом мультикоптеров, с каждой парой двигателей вращающихся в противоположную сторону.

Управление данным коптером производится при помощи системы телеуправления, с использованием WiFi на частоте 2,4 ГГц, информация с блока управления в виде команд поступает на полетный контролер, который переводит команды в управляющее воздействие.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для этого была использована оценочная карта (таблица 7).



Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в использовании технологии	0,2	5	4	5	1	0,8	0,6
2. Качество полученных результатов	0,1	4	5	4	0,4	0,4	0,3
3. Возможности технологии	0,1	5	5	5	0,25	0,2	0,35
4. Простота алгоритма	0,05	5	5	5	0,7	0,5	0,5
5. Пути внедрения	0,05	4	4	5	0,3	0,2	0,25
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность технологии	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,8
2. Цена технологии	0,25	5	5	4	0,75	0,75	0,6
3. Срок внедрения	0,1	2	2	2	0,3	0,3	0,25
4. Наличие сертификации разработки	0,05	4	5	5	0,25	0,45	0,35
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,35</b>	<b>4,1</b>	<b>4</b>

Для оценки ресурсоэффективности были выбраны следующие критерии: удобство в использовании технологии, качество полученных результатов, возможности технологии, простота алгоритма, пути внедрения технологии. Наиболее значимым критерием является удобство в использовании технологии.

Для оценки эффективности были выбраны следующие экономические критерии: конкурентоспособность технологии, цена, срок внедрения и наличие сертификации разработки.

Результаты анализа выявили, что разработанная нами технология выгодно отличается от конкурентов благодаря удобству в использовании, цене продукта и простоте алгоритма.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, был проведен SWOT – анализ, который отражает сильные и слабые

разрабатываемого проекта, были выделены угрозы проекту, и возможные пути избежания угроз. Результаты SWOT-анализа представлены на таблице 8.

Таблица 8 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Простота алгоритма, заложенного в основе технологии.</p> <p>С2. Удобство в эксплуатации.</p> <p>С3. Низкие цены на технологию.</p> <p>С4. Конкурентоспособность продукта.</p> <p>С5. Широкий набор функций.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Длительный период подготовки продукта к выходу на рынок.</p> <p>Сл2. Высокая скорость развития конкурентных технологий.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Расширение географии внедрения технологии.</p> <p>В2. Простота освоения алгоритма для операторов.</p> <p>В3. Привлечение зарубежных специалистов</p>	<p>1. Внедрение технологии на территории всей страны за счет низкой стоимости относительно конкурентов.</p> <p>2. Простота освоения алгоритма для операторов, делает использование комфортным.</p>	<p>1. Разработать систему обучения пользователей.</p> <p>2. Своевременное развитие технологии в соответствии с возникающими новшествами.</p> <p>3. Привлечение зарубежных специалистов, позволит провести обмен опытом.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Ужесточение конкуренции</p> <p>У2. Выход новых конкурентов на рынок</p> <p>У3. Экономическая нестабильность.</p>	<p>1. Поддерживать существующую ценовую политику для повышения конкурентоспособности.</p> <p>2. Разработать систему скидок для многоцелевого</p>	<p>1. Снижать издержки и оптимизировать ресурсы.</p> <p>2. Стараться развивать технологию быстрее конкурентов.</p>

Таким образом, в результате SWOT-анализа были выявлены слабые и сильные стороны, а также возможные варианты повышения эффективности и минимизации угроз.

В данном разделе были сформулированы цели и задачи, которые помогут выполнению цели, рассмотрены потенциальные потребители результатов исследования, описаны конкуренты и проведено сегментирование рынка. Также был проведен анализ конкурентных технических решений и с помощью оценочной карты были выбраны критерии эффективности. Был проведен SWOT анализ сильных и слабых сторон проекта, также были выделены угрозы решению и возможности для развития.

## **4.2 Планирование проектных работ**

### **4.2.1 Структура работ в рамках проекта**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлено в следующем порядке:

- определение структуры работ проекта;
- определение участников каждой работы; - установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектной работы.

Для выполнения технического задания была сформирована рабочая группа. По каждому виду запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей. В данном разделе составлен перечень этапов и работ проекта, а также произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 9).

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ ра	Содержание работ	Должность исполнителя
Обсуждение идеи технологии	1	Поиск идеи для создания технологии	Руководитель , разработчик
Анализ исходных данных	2	Обзор и анализ существующих систем	Руководитель , разработчик
	3	Выбор системы прототипа с помощью метода многокритериального выбора	Разработчик

Продолжение таблицы 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Анализ исходных данных	4	Выбор платформы, инструментов и программной среды для реализации	Руководитель , разработчик
Разработка информационной технологии	5	Разработка алгоритма работы системы	Руководитель , разработчик
	6	Разработка системы	Разработчик
	7	Разработка интерфейса системы	Разработчик
	8	Тестирование работоспособности системы	Разработчик
Изложение выполненной работы в пояснительной	9	Создание отчета по проделанной работе	Разработчик

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожи}$  используется следующая формула (7):

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (7)$$

где  $t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$  работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости проекта составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (8)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения проекта

Наиболее удобным и наглядным способом отслеживания выполнения проектной работы является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого воспользовались следующей формулой (9):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Тогда длительность каждого из этапов работ в календарных днях будет равна  $T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} = T_{pi} \cdot 1.4777$ . Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\min}$ , чел-дни	$t_{\max}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни			
Поиск идеи для создания	4	8	5,6	Руководитель, разработчик	2,8	4,1
Обзор и анализ существующих систем	5	12	7,8	Руководитель, разработчик	3,9	5,8
Выбор системы прототипа с помощью метода многокритериального выбора	6	14	9,2	Разработчик	9,2	13,6
Выбор платформы, инструментов и программной среды для реализации системы	2	4	2,8	Руководитель, разработчик	1,4	2,1

Продолжение таблицы 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность	Длительность работ в
Разработка алгоритма работы системы	10	12	10,8	Руководитель, разработчик	5,4	8,0
Разработка системы	20	25	22	Разработчик	22	32,5
Разработка интерфейса системы	15	18	16,2	Разработчик	16,2	23,9
Тестирование работоспособности системы	3	5	3,8	Разработчик	3,8	5,6
Создание отчета по проделанной работе	4	6	4,8	Разработчик	4,8	7,1

На основе таблицы 10 построен календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ в рамках выполняемого проекта. На рисунке 20 разбивка по месяцам и неделям за период времени дипломирования. Синим цветом показаны задачи, исполнителем которых являлся только разработчик, а зеленым – совместно решаемые задачи.

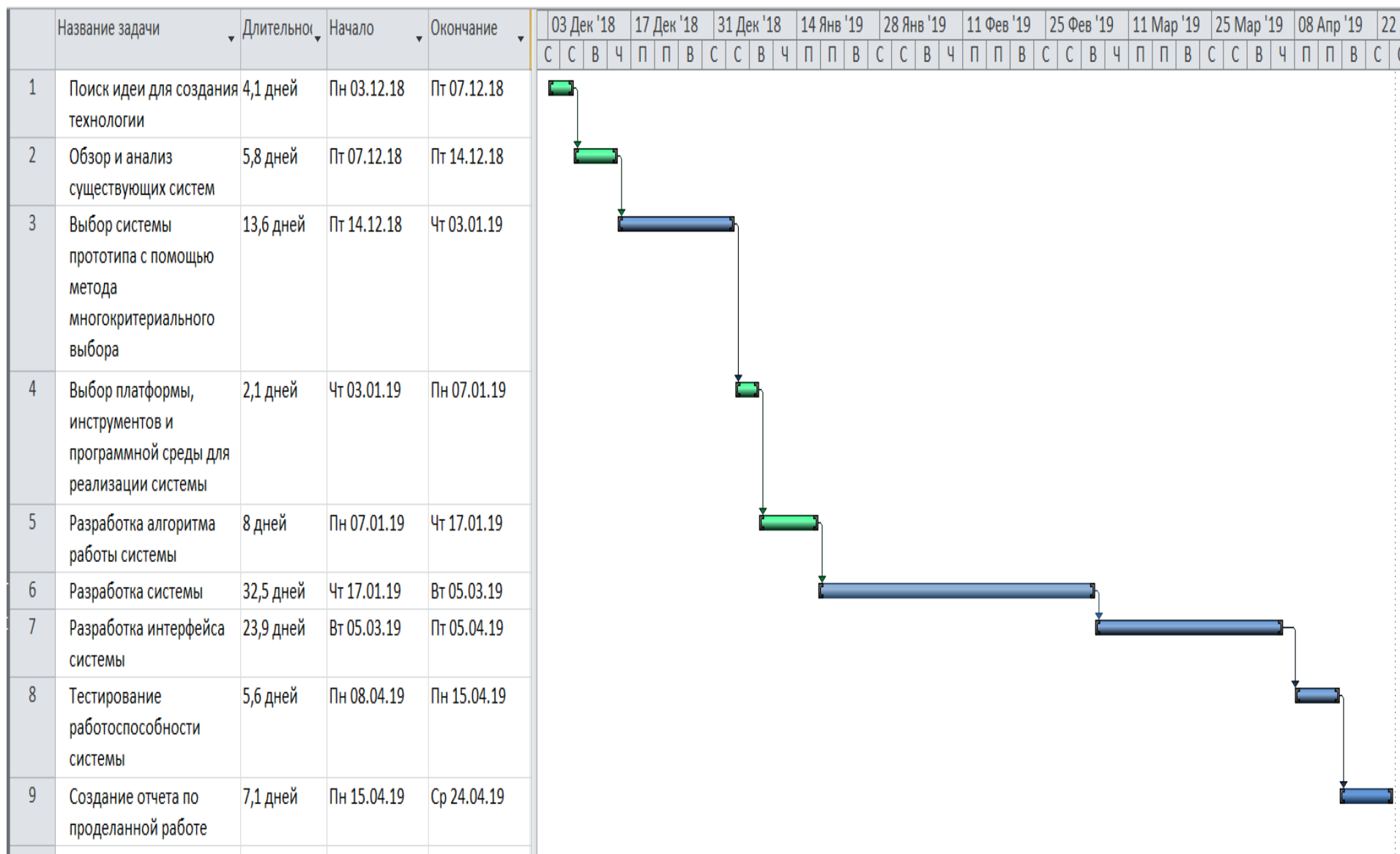


Рисунок 20 – Диаграмма Ганта



#### **4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы; накладные расходы.

##### **4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ**

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые материалы и техника необходимые для разработки, такие как ноутбуки, мониторы, столы и прочее;
- материалы, используемые в процессе создания научно-технической разработки для обеспечения испытаний и отработки системы, такие как 4G, Wi-Fi и радио модули, микрокомпьютеры.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (10):

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (10),$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 11

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Ноутбук	шт.	1	32 000	32000
Компьютерный стол	шт.	1	4 500	4500
Wifi модуль	шт	2	450	900
4G	шт	2	2000	4000
Радиомодуль	шт	2	3700	7400
Raspberry PI	шт	1	5900	5900
Монитор	шт	1	8900	8900
Офисный стул	шт.	1	1 500	1500
Итого				65100

#### 4.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата рассчитывается по формуле 11:

$$C_{\text{осн/зп}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_{\text{зп}_i}, \quad (11),$$

где  $n$  – количество видов работ;

$t_i$  – затраты труда на выполнение  $i$ -го вида работ, в днях;

$C_{зн_i}$  – среднедневная заработная плата работника, выполняющего  $i$ -ый вид работы, руб/день.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 12:

$$C_{зн_i} = \frac{D \cdot K \cdot M_p}{F_o}, \quad (12),$$

где  $D$  – месячный должностной оклад работника;

$K$  – коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям и районный коэффициент ( $K=1,3$ );

$M_p$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_o$  – действительный годовой фонд рабочего времени работника, в днях. При отпуске 28 дня  $M_p=11,08$ .

Результаты расчета действительного годового фонда приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Годовой фонд рабочего времени

Показатели рабочего времени, дни	Исполнение
Календарное число дней в году	365
Количество нерабочих дней	
Выходные	104
Праздники (фактически по каждому году)	13
Планируемые потери отпуска	28
Действительный годовой фонд	220

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 13. При этом затраты на оплату труда студента-дипломника определяются как оклад студента ( $D = 3721,25$ ), а оклад руководителя проекта составляет 43100. Коэффициент  $K$ , учитывающий районный коэффициент равный 1,3.

Таблица 13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Среднедневная заработная плата $C_{зн}$ (руб.)	Трудоемкость ( $t_i$ ), чел-дни	Затраты на основную зарплату (руб.)
Руководитель	2821,87	13,5	38095,31

Продолжение таблицы 13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Среднедневная заработная плата $C_{зп}$ (руб.)	Трудоемкость ( $t_i$ ), чел-дни	Затраты на основную зарплату (руб.)
Разработчик	240,41	69,5	16708,9
Итого			54804,21

#### 4.2.6 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 13:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (13),$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{доп}$  равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата( руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	Дополнительная зарплата( руб.)
Руководитель	38095,31	0,12	2005,06
Разработчик	16708,9	0,12	4571,43
Итого			6576,5

#### 4.2.6. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 14:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (14)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году была введена и на сегодняшний 2019 год действует пониженная ставка страховых взносов — 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	38095,31	2005,06
Разработчик	16708,9	4571,43
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Исполнение 1	16634,17	

#### 4.2.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по формуле 15:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, (15),$$

Где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов равна 16%.

Исполнение 1:  $(65100+54804,21+6576,5+16634,17) \cdot 0,16 = 22898,38$

#### 4.2.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	65100
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	54804,21
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6576,5
Отчисления во внебюджетные фонды	16634,17
Накладные расходы	22898,38
Бюджет затрат НТИ	166013,3

Основываясь на данных полученных в пунктах 2.3.1 -2.3.5, был сделан вывод, что разработка является бюджетной и экономически эффективной.

#### **4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 16:

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16),$$

где  $I_{\text{финр}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_p$  – стоимость исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$\text{Расчет: } I_{\text{финр}} = \frac{166013,3}{200000} = 0,83;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения объекта исследования можно определить по формуле 17:

$$I_p = \sum a \cdot b, \quad (17)$$

где  $I_p$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a$  – весовой коэффициент;

$b$  – балльная оценка, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик варианта исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка выполнения
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5
3. Экономия времени	0,2	4
4. Простота исполнения	0,15	3
5. Надежность	0,3	5
ИТОГО:	1	

Исходя из вычислений, показатель ресурсоэффективности выполнения имеет достаточно высокое значение (по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп.}}$ ). Определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 18:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_p}{I_{\text{финр}}} = \frac{4.3}{0.83} = 5,18, \quad (18)$$

Полученное значение интегрального показателя эффективности исполнения разработки превысил максимальный балл в системе оценивания. Это говорит о том, что результат работы можно считать положительным, так как оценка интегрального показателя ресурсоэффективности близка к максимальной.

Выводы по разделу:

В ходе работы был определен целевой рынок проекта, построена карта сегментирования.

В рамках анализа определена трудоемкость данного проекта, она равна 103 дням. На основании трудоемкости была построена диаграмма Ганта.

Так же были рассчитаны величины затрат научно-исследовательских работ. В результате проведенных расчетов, бюджет затрат НТИ составил 166013,3.

После проведенных сравнений и расчетов мы можем сделать вывод, что разработка данной системы телеуправления для безэкипажного катера является перспективной, а также привлекательной для инвесторов.



## **Раздел 5. Социальная ответственность**

Данная магистерская диссертация связана с разработкой системы телеуправления безэкипажным катером промежуточного класса на языке программирования С# (C Sharp) для управления на акватории. Суть диссертации состоит в том, чтобы с помощью данной системы, управлять безэкипажным катером в акватории и получении видеосигнала с камер, установленных на катере, для проведения различных научных исследований на акватории. Областью применения данного проекта являются задачи, решаемые в рамках океанографии и морской геологии, а также для применения в вооруженных силах. Потенциальными пользователями являются научные сотрудники в области морской геологии и океанографии, а также военные.

Работа научного сотрудника связана во взаимодействии с персональным компьютером. Рабочий зоной для разработки технологии, описанной в данной работе, является персональное место за компьютером в 320 аудитории Кибернетического центра Национального исследовательского Томского политехнического университета расположенного в городе Томск.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Для обеспечения безопасности при работе определяют следующие требования к организации рабочих мест пользователей [13]:

- рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;

- конструкция рабочей мебели (компьютерный стол, офисное кресло, подставка для ног) должна предусматривать возможность регулировки в соответствии с индивидуальными особенностями

пользователя для создания комфортных условий для выполнения работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство в радиусе как минимум 60-120см;

- оригинал-держатель должен быть установлен на уровне экрана.

В соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), рациональная организация труда в течение пятидневной рабочей недели, предусмотрена статьями 91, 108[14]:

- продолжительность рабочей смены, не превышающей 8 часов (не более 40 часов в неделю);
- перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который рабочее время не включается [15].

Обязательно должен быть предусмотрен предварительный медосмотр, который осуществляется при приеме на работу, и периодические медосмотры. Также перед приемом на работу каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности, а в дальнейшем с работником должен быть проведен инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Рабочая зона оборудована 2 рабочими местами, каждое из которых включает в себя персональный компьютер, расположенный на персональном столе и офисный стул. Площадь кабинета составляет 18 м<sup>2</sup>, в кабинете имеется 1 оборудованное жалюзи окно размером 1\*1,3 м., выходящее на северную сторону, поэтому естественное освещение можно использовать только в вечернее время, в остальное время используется равномерное искусственное освещение. Стены и потолок имеют светлые оттенки, пол застелен линолеумом светло-коричневого оттенка.

В данном помещении оборудовано два рабочих места, одновременно в работе задействованы 2 человека. Следовательно, в среднем на одного сотрудника приходится не менее 25,2 м<sup>3</sup> объема помещения и не менее 9 м<sup>2</sup> площади, что удовлетворяет требованиям санитарных норм, согласно которым для одного работника должны быть предусмотрены

площадь величиной не менее 6 м<sup>2</sup> и объем не менее 24 м<sup>3</sup>, с учетом максимального числа одновременно работающих сотрудников в смену [16].

## 5.2 Производственная безопасность

Так как на состояние офисных работников (программистов) химические и биологические факторы не оказывают существенного влияния, то основное внимание будет уделено физическим и психофизиологическим факторам [17].

Для представления всех вредных и опасных факторов необходимо классифицировать их в соответствии с нормативными [18] документами, таблица 18.

Таблица 18 – Классификация вредных и опасных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [19] 2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [20]
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[21] 4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. [22]
3. Превышение уровня шума		+		5. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [23]

Продолжение таблицы 18 – Классификация вредных и опасных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.	+	+	+	6. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». [24] 7. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [25] 8. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1)[26]
5. Психофизиологические факторы	+	+	+	9. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения [27]
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	10. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация» [28] 11. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[29]

## 5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

### 5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Гигиенические нормативы на параметры микроклимата в рабочей зоне даны в ГОСТ 12.1.005 — 88 [19]. Микроклимат в рабочей зоне

определяется действующими на организм человека сочетаниями влажности, температуры воздуха и окружающих поверхностей и скорости движения воздуха. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [20] выполняемая работа относится к категории легкая (1б) – интенсивность энергозатрат в пределах 121-150 ккал/час (140-174 Вт), это работы сидя, стоя или связанные с ходьбой с некоторым физическим напряжением. Оптимальные и допустимые показатели микроклимата приведены в таблицах 19 и 20.

Таблица 19 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С
Холодный	60-40	0,1	21 - 23	20 - 24
Теплый	60-40	0,1	23 - 25	22 - 26

Таблица 20 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года		Скорость движения воздуха, м/с		Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		для диапазона температур воздуха ниже оптимальн	для диапазона температур воздуха	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	15 - 75	0,1	0,2	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0
Теплый	15 - 75	0,1	0,3	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0

В рассматриваемом помещении в холодный период температура поверхностей и температура воздуха составляет 22<sup>0</sup>С и 23<sup>0</sup>С соответственно, а влажность воздуха 45%; а в теплый период температура поверхностей и температура воздуха – 24<sup>0</sup>С и 25<sup>0</sup>С соответственно. Сравнивая со значениями из таблицы, отклонений от норм не выявлено.

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 22<sup>0</sup>С и 21<sup>0</sup>С при относительной влажности 45% в холодный период года; 24<sup>0</sup>С и 23<sup>0</sup>С при относительной влажности воздуха 50% в теплый период года, что соответствует нормам [ ].

#### **5.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещение оказывает влияние на общее самочувствие и настроение, определяет эффективность труда. Нерационально организованное освещение может явиться причиной травматизма: недостаточно освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта. В компьютерных комнатах должно быть как естественное, так и искусственное освещение.

Естественное освещение обеспечивается за счет оконных проемов, коэффициент искусственного освещения (КОЕ) которых должен быть не менее 1,2% в местах, где имеется снежный покров и не менее 1,5% на остальной территории.

Свет из окна должен падать с левой стороны от пользователя. Естественное освещение в аудитории осуществляется через два оконных проема размером 1 на 1.35 метра в наружной стене [21].

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 указаны в таблице 21.

Таблица 21 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное совмещение				
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		Освещенность, лк				
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации и освещенности, К п, %, не более
						всего	от общего			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кабинеты, рабочие комнаты	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300	40	15
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г – 0,8 Экран монитора: В – 1,2	3,5 –	1,2 –	2,1 –	0,7 –	500 –	300 –	400 200	15 –	10

Для организации искусственного освещения в помещениях, в которых работают за персональными компьютерами, рекомендуется применять светильники типа ЛПО36. Ещё допускается применение светильников местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться линиями (прямыми или прерывающимися) так, чтобы при различном расположении компьютеров они были параллельны линии зрения пользователя. Защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов [22].

Для того чтобы производственное освещение в помещении соответствовало всем нормам, нужно не менее двух раз в год мыть стекла и светильники, а также следить за работой светильников и при необходимости менять вышедшие из строя лампы.

Когда естественного освещения недостаточно, необходимо использовать общее искусственное освещение. В качестве основных источников искусственного освещения используются лампы белого и дневного света ЛБ-20 и ЛД-20.

В помещении, в котором проводилась работа, используются рядо

расположенные потолочные светильники с люминесцентными лампами. В результате анализа освещенности рабочего места отклонений от норм выявлено не было. Уровень освещенности соответствует нормам в разные периоды светового дня [22].

Произведем расчет освещения производственного помещения. Рассматриваемое помещение имеет светлый цвет потолков и стен, серое покрытие пола. Длина помещения (a) – 3 м., ширина (b) – 6 м., высота (h) – 2,8 м. В качестве источника света используются светильники, каждый из которых содержит по  $n=4$  люминесцентные лампы мощностью 18 Вт.; общая яркость светового потока ( $\Phi$ ) 1150 Лм.

Помещение предназначено для работы за персональным компьютером, поэтому нормой освещенности (E) для него согласно СНиП



23-05-95 станет 200 Лк, рабочая плоскость стола находится на расстоянии ( $h_1$ ) 0,8 м. над уровнем пола, коэффициент запаса ( $k_3$ ) равняется 1,5, а коэффициенты отражения: для потолка – 0,8; для стен – 0,5; для пола – 0,3. Сначала находим площадь помещения ( $S$ ):  $3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^2$ .

Далее находим индекс помещения по формуле 20:

$$\varphi = \frac{S}{(h-h_1) \cdot (a+b)} = \frac{18}{(2.8-0.8) \cdot (6+3)} = 1 \quad (20)$$

Теперь на основании показателей отражения поверхностей и высчитанного индекса можно из таблицы определить коэффициент использования ( $U$ ). В данном случае он равняется 0,51. Определим необходимое количество светильников по формуле 21:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 18 \cdot 1,5}{0,51 \cdot 4 \cdot 1150} = 2,3 \approx 3 \quad (21)$$

В помещении, в котором проводилась работа, используются рядно расположенные потолочные светильники с люминесцентными лампами. Проведенные расчеты показали, что минимальное число светильников должно быть равно 3. В результате анализа освещенности рабочего места отклонений от норм выявлено не было. Уровень освещенности соответствует нормам в разные периоды светового дня.

### 5.2.1.3 Превышение уровня шума

В случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел могут наблюдаться нарушения слуха. Также шум может мешать сконцентрироваться и являться фактором стресса, тем самым повышая систолическое кровяное давление; может привести к несчастным случаям, препятствуя получению предупредительных сигналов. Для аудитории, в которой осуществлялась работа магистранта, основными источниками шума являются расположенные в помещении компьютеры и кондиционер. Уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений регламентирует ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Помещения, в которых для работы используют компьютеры, не должны соседствовать с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения. В помещениях, которые оборудованы компьютерами, которые являются основным источником шума, уровень шума на рабочем месте должен быть не более 50 дБ. Рассматриваемый кабинет по уровню производственных шумов не выходит за рамки допустимых значений. Уровень шума менее 50 дБ [24].

#### **5.2.1.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.**

Во время работы за компьютером человек подвергается воздействию электромагнитного и электростатического полей. Создаваемое персональным компьютером электромагнитное излучение имеет электрическую (Е) и магнитную (Н) составляющие, а также сложный спектральный состав с диапазоном частот от 0 до 1000 МГц. Основным источником электромагнитных излучений является монитор, в состав которого входит трансформатор высокой частоты строчной развертки. На сегодняшний день ЭЛТ-мониторы потеряли свою популярность. Их вытеснили ЖК-мониторы, уровень электромагнитного излучения которых гораздо меньше.

СанПиН 2.2.4.3359-16 определяет нормы допустимых уровней напряженности электрических полей. Они зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах рассчитывается по формуле  $T=50/E-2$ . Если напряженность электрического поля лежит в диапазоне 20–25 кВ/м, то работа не может продолжаться более 10 минут. При напряженности не превышающей 5 кВ/м деятельность людей в рабочей зоне может осуществляться в течение 8 часов [25].

Еще одним нормативным документом в данной сфере является СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным

электронно-вычислительным машинам и организации работы», регламентирующий безопасные уровни излучений.

В таблицах 22-23 представлены предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах и допустимые уровни электромагнитных полей.

Таблица 22 – Предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	Общее		локальное	
	ПДУ напряженности и кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл	ПДУ напряженности и кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

Таблица 23 – Допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование	Допустимый уровень
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг дисплея до электрической составляющей, В/м, не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 2, 5
Плотность магнитного потока на расстоянии 50 см вокруг дисплея, нТл, не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400	25 0 25
Поверхностный электростатический потенциал, В, не более	500

Для снижения уровня излучений проводятся следующие мероприятия:

- сертификация ПК и аттестация рабочих мест;
- применение фильтров и экранов;
- организационно-технические мероприятия;

– применение средств индивидуальной защиты, направленных на экранирование пользователя ПК целиком или отдельных частей его тела; употребление профилактических напитков;

– использование других технических средств защиты от электромагнитных излучений.

Уровень напряженности электромагнитного поля в рассматриваемой аудитории не превышает предельно-допустимые значения. Все рабочие машины прошли сертификацию, а рабочие места аттестованы; индивидуальная защита пользователей не требуется [26].

#### **5.2.1.5 Психофизиологические факторы**

Во время длительной работы за компьютером человек также может подвергаться воздействию психофизиологических факторов, таких как эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда и другие, определены в ГОСТ 12.0.002-2014 и ГОСТ 12.0.003-2015.

Эмоциональные перегрузки вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы, что может негативно отразиться на состоянии организма в целом. Они могут быть вызваны необходимостью выполнения большого объема работы, конфликтными или стрессовыми ситуациями.

Умственное перенапряжение может наступать вследствие отсутствия необходимого времени на отдых после продолжительной работы, нарушения режима сна или режима питания. Оно может накапливаться и приводить к возникновению заболеваний.

Отличительными признаками монотонной работы служат однообразие рабочих действий, их многократное повторение и небольшая длительность. Таковой является работа за компьютером. В результате работающий теряет интерес к работе, и у него возникает состояние «производственной скуки». Монотонная работа отрицательно сказывается

на эффективности производства: ухудшаются экономические показатели, повышается аварийность, травматизм, растёт текучесть кадров.

Также вредным фактором производства может служить фиксированная рабочая поза. Она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, которое может приводить к профессиональным заболеваниям, например, варикозное расширение вен.

Для снижения эмоциональных перегрузок и умственных перенапряжений предусмотрены перерывы в работе, возможность выбора удобного времени для выполнения работы.

Для уменьшения рисков возникновения последствий от фиксированной рабочей позы, установленное в аудитории оборудование имеет регулировки: стул регулируется по высоте и наклону спинки, монитор позволяет подобрать наклон под индивидуальные особенности человека.

## **5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения**

### **5.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Помещение, в котором расположены персональные компьютеры, относится к помещениям без повышенной опасности, потому что согласно ГОСТ 12.0.003-74 отсутствуют следующие факторы:

- высокая температура;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- сырость;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий,

технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Мероприятия, направленные на предотвращение возможности поражения электрическим током, включают в себя следующее:

- при выполнении монтажных работ необходимо использовать только исправно работающий инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- заземление корпусов приборов и инструментов, которое поможет защитить от поражения электрическим током, который может возникнуть между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус;
- запрет на выполнение работ на задней панели при включенном сетевом напряжении;
- выполнение работ по устранению неисправностей должно производиться компетентными людьми;
- нужно постоянно наблюдать за исправностью электропроводки и в случае обнаружения неисправностей незамедлительно принимать действия по их устранению.

Согласно ГОСТу 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» к средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся [27]:

- заземляющие устройства;
- нейтрализаторы;
- увлажняющие устройства;
- антиэлектростатические вещества;
- экранирующие устройства.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Охрана окружающей среды заключается в устранении отходов жизнедеятельности человека и бытового мусора. Если персональные компьютеры теряют свою работоспособность, их списывают и отправляют

на специализированный склад, на котором уже принимаются меры по утилизации техники и комплектующих[28].

По статистике вышедшие из строя люминесцентные лампы являются одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения. Помимо стекла и алюминия каждая лампа содержит приблизительно 60 мг ртути, поэтому отработавшие люминесцентные лампы являются опасным источником токсичных веществ[29].

Утилизация таких ламп заключается в их передаче перерабатывающим предприятиям, которые имеют специальное оборудование для переработки вредных ламп в безвредное сырье – сорбент, которое может являться материалом для других производств [30].

Согласно ГОСТ Р 57740-2017 и ГОСТ Р 51768-2001 отработанные люминесцентные лампы относятся к отходам, которые собираются и сортируются отдельно, поэтому их утилизация и хранение должны отвечать определенным требованиям [31].

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для кабинета, в которой проходит написание ВКР, наиболее вероятно возникновение такой ЧС как пожар, который может возникнуть при замыкании электропроводки оборудования, обрыве проводов или же при несоблюдении мер пожарной безопасности.

Помещение, в котором выполняется работа по написанию выпускной работы, относится к категории В по пожарной и взрывной опасности. К противопожарным мероприятиям в помещении относятся следующие:

1. помещение должно быть оборудовано средствами тушения пожара, такими как огнетушители, стенд с противопожарным инвентарем, ящик с песком; средствами связи; электрическая проводка

осветительных приборов и электрооборудования должна быть в исправном состоянии.

2. каждый сотрудник должен знать месторасположение средств тушения пожара и средств связи; знать номера телефонов экстренных служб для оповещения о пожаре; уметь использовать средства пожаротушения.

Рассматриваемое помещение оснащено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

1. огнетушитель пенный ОП-10 – 1 шт.;
2. огнетушитель углекислотный ОУ-5 – 1 шт.

В помещении и на этаже присутствуют следующие средства оповещения:

- световая индикация направления движения к выходу в коридорах этажа;
- звуковая индикация, которая представляет собой систему оповещения о пожаре через громкоговоритель;
- пассивные датчики задымленности.

Чтобы минимизировать вероятность возникновения пожара нужно своевременно проводить профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара, такие как:

- систематическое наблюдение за состоянием электропроводки;
- выключение питания оборудования при завершении работы и покидании рабочего места;
- периодическое проведение инструктажа по пожаробезопасности для персонала.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо нажать тревожную кнопку или



самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Выводы по разделу.

В данной главе в ходе анализа помещения, где располагалось рабочее место, были рассмотрены нормативы микроклимата, освещения, шума, электробезопасности помещения, и по фактическим данным этого помещения оно соответствовало требованиям законодательства РФ. Также был произведен анализ вредных и опасных факторов и методы минимизации их воздействия на человеческое здоровье. В данной главе были рассмотрены аспекты экологической, производственной безопасности, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях (на примере пожароопасности).

## **Заключение**

В первом разделе был произведен обзор предметной области, рассмотрены различные каналы связи, используемые в телеуправлении, дано описание системам телеуправления. Также был произведен обзор и анализ существующих разработок использующих системы телеуправления. В результате выполнения данного раздела, были сделаны выводы о том, что все системы имеют свои недостатки и принято решение о разработке своей собственной системы телеуправления, с учетом недостатков уже имеющихся и специфики разработки.

Во втором разделе проектирования системы телеуправления для безэкипажного катера были выдвинуты требования к проектируемой системе, также к аппаратному обеспечению и программному обеспечению. Была решена задача многокритериального выбора микрокомпьютера для установки в безэкипажный катер, итогом стал выбор микрокомпьютера Raspberry Pi 3. Были описаны инструменты и решения в рамках проекта, описание характеристик микрокомпьютера Raspberry Pi 3, также было приведено описание точки доступа и её характеристик, выбрана видеокамера GoPro Hero 4, для передачи видеосигнала на компьютер оператора. Был выбран язык программирования C# для разработки программного обеспечения и интегрированная среда разработки Visual Studio Code.

В третьем разделе была произведена модернизация действующей архитектуры системы управления и интегрирована система телеуправления. следует отметить, что детально проработанная архитектура системы и реализация программного обеспечения, отвечает всем требованиям. В состав программного обеспечения системы, входит клиентское приложение и серверное. Благодаря реализации данной системы телеуправления, оператор может получать информацию о работе всех систем катера, в режиме реального времени. С помощью данной информации оператор может носить коррективы в работу разных систем, посылая управляющие воздействия на

катер, а также перейти в полностью ручной режим управления катером. Система также осуществляет потоковую передачу видеосигнала, чтобы оператор имел представление о препятствиях, потенциально опасных объектах и мог своевременно предпринять действия во избежание чрезвычайных ситуаций

В четвертом разделе был определен целевой рынок проекта, построена карта сегментирования. В рамках анализа определена трудоемкость данного проекта, она равна 103 дням. На основании трудоемкости была построена диаграмма Ганта. Так же были рассчитаны величины затрат научно-исследовательских работ. В результате проведенных расчетов, бюджет затрат НТИ составил 166013,3. После проведенных сравнений и расчетов мы можем сделать вывод, что разработка данной системы телеуправления для безэкипажного катера является перспективной, а также привлекательной для инвесторов.

В пятом разделе социальная ответственность, был произведен анализ помещения, где располагалось рабочее место, были рассмотрены нормативы микроклимата, освещения, шума, электробезопасности помещения, и по фактическим данным этого помещения оно соответствовало требованиям законодательства РФ. Также был произведен анализ вредных и опасных факторов и методы минимизации их воздействия на человеческое здоровье. В данной главе были рассмотрены аспекты экологической, производственной безопасности, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях (на примере пожароопасности).

В ходе выполнения ВКР были решены следующие задачи:

- Проведен обзор и анализ существующих решений;
- изучены технические спецификации для написания прошивки на микрокомпьютер выбранный с помощью решения задачи многокритериального выбора, для передачи видеосигнала посредством Wi-Fi;

- Выполнен обзор инструментария для написания программного обеспечения на микрокомпьютер и компьютер оператора;
- Разработан алгоритм работы программного обеспечения для микрокомпьютера и компьютера оператора;
- Создано программное обеспечение для микрокомпьютера и компьютера оператора;
- Проведено тестирование созданной системы телеуправления на тестовом образце в лабораторных условиях.

### Список публикаций

1. Панкратов М. И., Насонов А. К., Чурсин Ю. А., Разработка многофункционального безэкипажного катера промежуточного класса / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Перспективные системы и задачи управления»: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции и IX молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах», Ростов-на-Дону, 2018 г. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2018 г. Режим доступа: <http://rirpc.ru/wp-content/uploads/2016/12/Сборник-трудов-XIII-ВНПК-ПСИЗУ-2018.pdf>

2. Панкратов М. И., Насонов А. К., Чурсин Ю. А., Разработка многофункционального безэкипажного катера промежуточного класса для работы с объектами различных типов / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Молодежь и современные информационные технологии»: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 декабря 2018 г. – Томск: НИ ТПУ, 2019 г. Режим доступа: [http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit\\_2018.zip](http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit_2018.zip)

3. Панкратов М.И., Насонов А.К., Чурсин Ю.А., Разработка нейронной сети и алгоритма определения расстояния до объектов для установки в блок полезной нагрузки безэкипажного катера промежуточного класса / А. К. Насонов; научный руководитель Ю. А. Чурсин // «Молодежь и современные информационные технологии»: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 декабря 2018 г. – Томск: НИ ТПУ, 2019 г. Режим доступа: [http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit\\_2018.zip](http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit_2018.zip)

4. Панкратов М.И., Насонов А.К., Нурмухаметов Р.А., Павличев В.В., Чурсин Ю.А., Второе место во всероссийских соревнованиях «Аквароботех 2018», в составе научно-исследовательской команды АНПА «Платформа», Владивосток, 20-28 августа 2018 г. – Владивосток: ФПИ 2018. Режим доступа: [https://old.fpi.gov.ru/activities/konkurs/old/sorevnovaniya\\_po\\_morskoj\\_r\\_obototehnike\\_akvaroboteh\\_2018](https://old.fpi.gov.ru/activities/konkurs/old/sorevnovaniya_po_morskoj_r_obototehnike_akvaroboteh_2018)

## Список литературы

1. Пинский А.С.. Е-навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации. – СПб.: Т-Пресса, 2016. – Вып. № 65. – С. 50-54.
2. Круглеевский В.Н., Денисов В.И. Особенности развития, задачи и состав комплекса «Безэкипажный роботизированный катер» // Судостроение. – СПб.: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2013. – Вып. № 810. – С. 23-25.
3. Горюнов А.Г., Ливенцов С.Н., Чурсин Ю.А. Телеконтроль и телеуправление // учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. –130с
4. Гном ПРО: Документация [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://gnomrov.ru/products/super-gnom-pro> (Дата обращения: 03.03.2019)
5. Комплекс автономного необитаемого подводного аппарата «Платформа: Руководство по эксплуатации // ИПМТ ДВО РАН – Владивосток: ИМПТ, 2016. – С. 10-15.
6. Raspberry Pi 3: Documentation [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.org/documentation/> (Дата обращения: 20.07.2018)
7. Ubiquiti NanoStation Loco M2: Документация [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://www.ubnt.ru/ubiquiti/nanostation-locom2.htm> (Дата обращения: 10.03.2019)
8. Руководство по языку C#: Документация [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/tour-of-csharp/> (Дата обращения: 10.04.2019)
9. Metanit: TCP-сервер. Класс TcpListener [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/net/4.2.php> (Дата обращения: 15.06.2018)

10. Microsoft Docs: Xamarin.Forms [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/xamarin/xamarin-forms/> (Дата обращения: 20.06.2018)
11. Руководство по программированию для Xamarin Forms [Электронный ресурс]: электронный учебник. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/xamarin/> (Дата обращения: 15.06.2018)
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /Криницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. –73с.
13. Социальная ответственность: Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/[Электронный ресурс] Сост. Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
15. Закон Томской области от 9 июля 2003 года №83-ОЗ «Об охране труда в Томской области» (с изменениями на 4 июля 2014 года).
16. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
17. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
18. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
19. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
20. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

21. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
23. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
25. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
26. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
27. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения
28. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация»
29. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
30. ГОСТ Р 57740-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к приему, сортировке и упаковыванию опасных твердых коммунальных отходов
31. ГОСТ Р 51768-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методика определения ртути в ртутьсодержащих отходах.



## Приложение А

### The design of the remote control system of an unmanned boat

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM71	Панкратов Максим Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НИЛ ТПМГ	Чурсин Юрий Александрович	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н		

## Introduction

In the Research laboratory for telecommunications, instrument engineering and marine geology of the Tomsk Polytechnic University, the development of an intermediate class unmanned boat to work with objects of various types has been started. This development was caused by the need to facilitate the deployment of long-range sonar navigation systems, on the one hand, and, on the other hand, the lack of boats of this type. To increase the versatility of the use of the developed boat, the payload compartment is assumed in a modular design, in which components can be installed that solves various tasks.

To ensure manual control of the boat in the water area, it is necessary to develop a remote control system, as well as to establish data and video transmission from the boat to the operator's computer. To achieve the goal the boat needs to be set to 4G, the radio channel module, Wi-Fi module. Also, hydroacoustic underwater communication modem, to provide communication with the boat in an emergency or critical situation, in case of failure of other types of communication. The systems developed at the moment for one reason or another are not suitable for the intermediate class boat being developed.

Master's thesis is devoted to solving the following problems:

- review and analysis of existing solutions;
- study the technical specifications for writing firmware on the microcomputer selected by solving the problem of multi-criteria selection, for video transmission via Wi-Fi;
- overview of tools for writing software on microcomputers and operator's computers;
- development of software operation algorithm for microcomputer and operator's computer;
- creation of software for microcomputers and operator's computers;
- testing of the created remote control system on a test sample.

The object of the study of an unmanned boat of intermediate class, designed for automatic deployment of long-wheelbase navigation in the water area. The subject of research is remote control of an unmanned boat.

The relevance of the development of a remote control system of an unmanned boat is that this system will provide the operator with the ability to control the boat manually in the water area, in a situation potentially dangerous for an unmanned boat, the operator will be able to use this system to prevent damage. Without this system, the exit of an unmanned boat to the water area is possible, but impractical, due to the fact that the boat in case of dangerous situations will be uncontrollable. The inability to control the boat and the lack of video will make the project irrelevant.

## **2. The design of the remote control system of an unmanned boat**

### **2.1 Requirements for the designed system**

In this section the basic requirements put forward to the projected system of remote control of an unmanned boat as a whole, hardware and software are given. The following are the basic requirements for the system as a whole:

- Real-time operation, commands and monitoring information must be received from the operator's computer to of an unmanned boat without delay so that the system can adequately reflect the status and performance of the boat systems;
- Reliability of transmission channels and reliability of transmitted information, all data that comes from the boat to the operator's computer and conversely, must be unambiguously interpreted and do not contain erroneous data;
- Use of high-speed communication channels. One of the most important components of the remote control system, and at the same time the most expensive. The effectiveness of the system as a whole depends on the correctly chosen communication channel, if the communication channel is ineffective, then, accordingly, there will be loss of information or other possible problems with the operation of the system.

The system hardware requirements are as follows:

- The speed of information transfer via Wi-Fi module is not less than 100 Mbit/s, for streaming video from the camera, with video quality of at least 720p;
- The frequency of the 2.4 GHz Wi-Fi module to eliminate possible channel crossings with home routers and much more reliability;
- A video camera with at least 720p image quality;
- A Wi-Fi signal coverage area is at least 1500 m, so that the boat can be operated at a sufficient distance from the operator's computer;
- A microcomputer with the ability to stream video, to provide the operator with relevant and high-quality video on the computer screen.

The software requirements are as follows:

- Self-descriptiveness – getting up-to-date information in a convenient view for the operator, the system should reflect information about the main systems of the boat and their condition;
- Easy usage – the software should be intuitive for the operator who is familiar to an unmanned boat and knowing the specifics of the work. There should not be a lot of information in one "window" of the system;
- Functionality – the system must have flexible settings, and the ability to use a large number of functions for certain tasks.

## **2.2 Description of tools and solution**

### **2.3.1 Description of the raspberry Pi 3 microcomputer**

Raspberry Pi 3B features are suitable for most of the characteristics necessary for the successful implementation of the remote control system.

The parameters of this device are as follows:

- Quad-core 1.6 GHz processor;
- 1 Gigabyte of RAM;
- USB port;
- 40-pin I/o interface.

However, the raspberry Pi 3 model B microcomputer has at least 3 things that make it very attractive for electronics lovers.

The first is the new Cortex-A53 processor. Its key difference from the Cortex-A7 is that it supports 64-bit instructions. The second is the 802.11 n Wi-Fi module. The appearance is shown in figure 1.

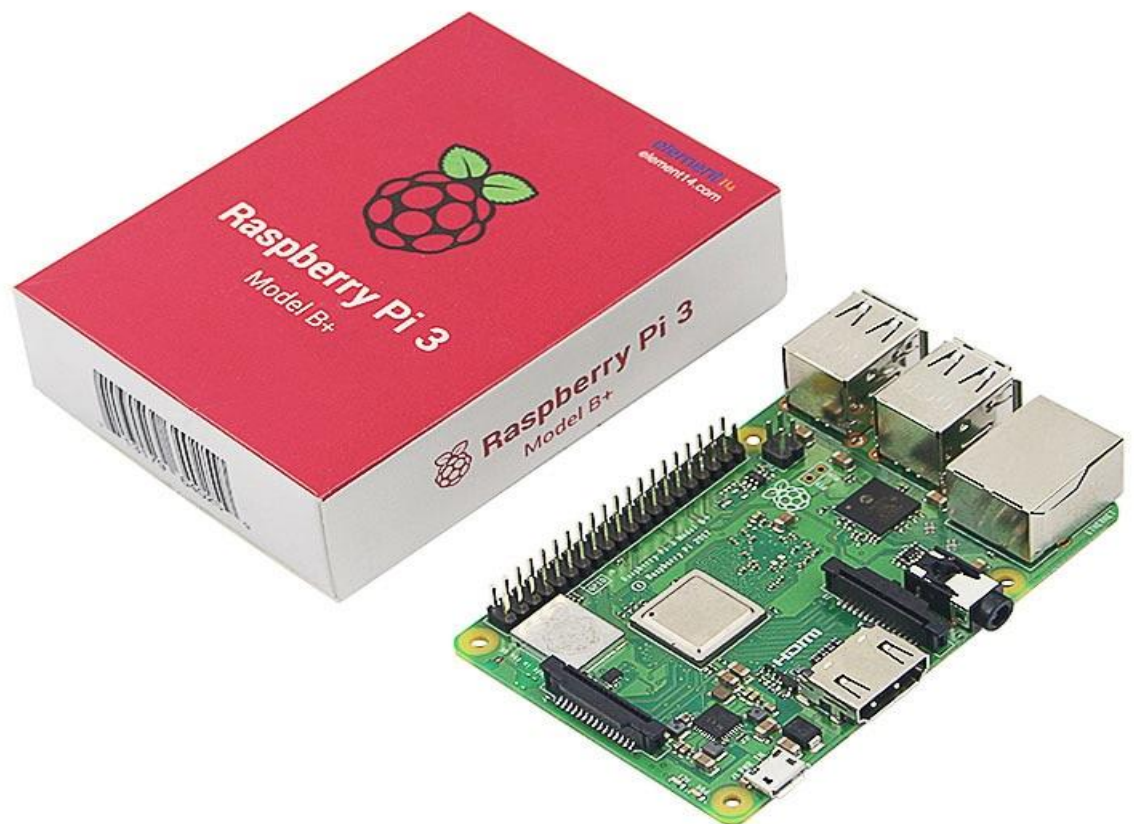


Figure 1 – appearance of Raspberry Pi 3.

All of them are divided into 3 groups. The first includes power (schemes are marked as Power) – they supply electricity in 3.3 and 5 Volts.

At the same time, different contacts of this purpose have different voltages. This must be taken into account when connecting modules.

To the second – grounding (can be called RND or Ground). They are needed to divert electricity, thus ensuring safe use.

To the third – ports (have designation BCM). They are the contacts that can receive and send signals.

The user can connect modules to any of them. The most important thing is that it is convenient to provide power to the connected components. Figure 2 shows the pin scheme for connecting peripheral devices.

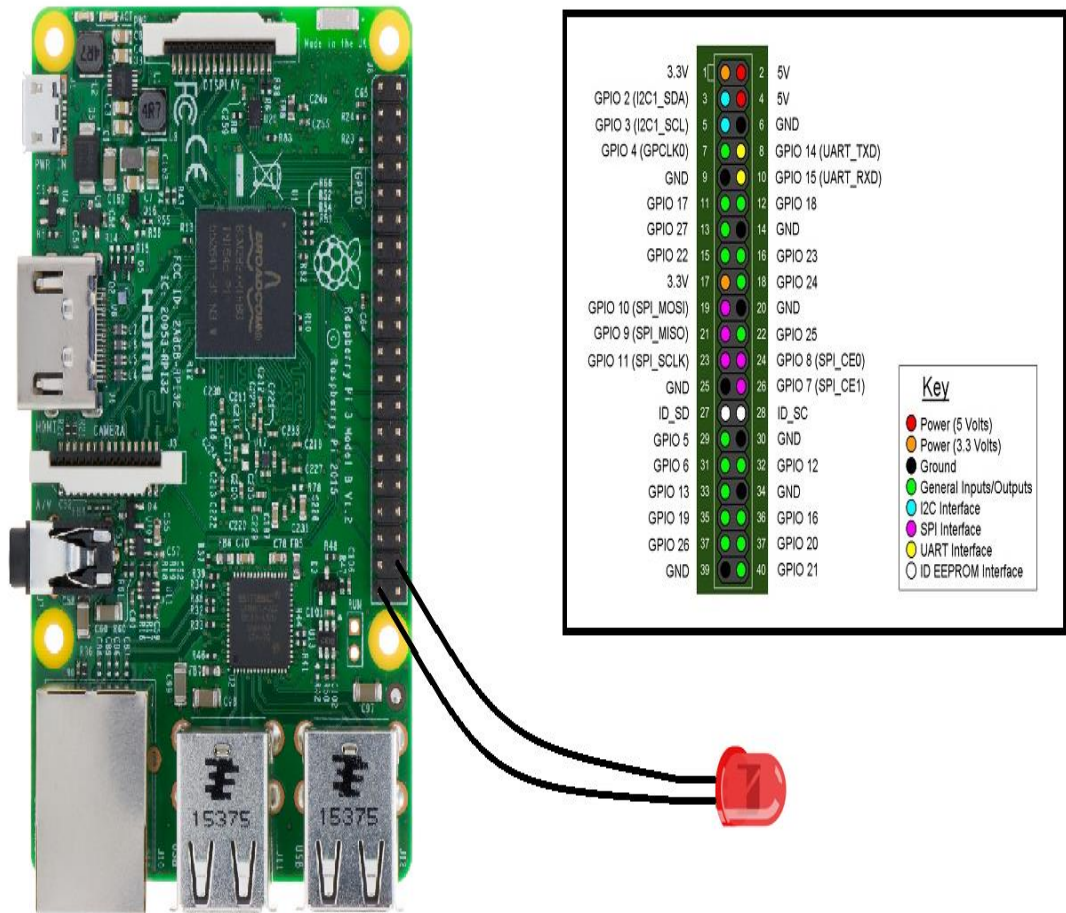


Figure 2 – pin diagram for connecting peripheral devices.

### 2.3.2 Description of Ubiquiti Nanostation loco M2 access point:

Ubiquiti Nanostation loco M2 – Wi-Fi access point for 2.4-GHz range. Allows you to maintain connection speed up to 150 Mbit/s at short distances (up to 4-5 km). Main feature:

- Integrated antenna with dual polarization, with 8 dBi gain;
- Using AirMax and MIMO 2x2 technology;

The access point is protected from external weather conditions (operating temperature range from -30°C to 80°C, moisture protection). The point is powered by PoE technology, which also has a lot of advantages during installation. Transmitter power 23 dBm Wi-Fi access point Type 802.11 b/g/AirMax wireless standard.

In Ubiquiti Nanostation M2 loco also has built-in methods to eliminate signal reception interference, the appearance of the access point is shown in figure 3.



Figure 3 – appearance of Ubiquiti Nanostation M2 loco access point.

### **2.3.3 Description of the GoPro Hero 4**

The GoPro Hero 4 is needed in the system of telecontrol to create streaming video for the operator to enable the operator to adjust the movement of boats in the waters with a visual representation. This will help to avoid various obstacles, access to the point of installation of navigation beacons when deploying a long-range navigation system.

This camera allows you to shoot video in 4K 30fps. The camera connects to the microcomputer via the mini HDMI connector and transmits the video image



in a streaming mode. This solution is suitable for the implementation of the remote control system within the framework of the project of the intermediate class of an unmanned boat, recommended for several reasons:

- Easy to use and configure;
- Availability of dust and moisture protection;
- The presence of modern data interfaces.

Thus, all hardware requirements put forward in the design of the system are met at the stage of equipment selection. The appearance of the camera is shown in figure 4.



Figure 4 – appearance of the camera GoPro Hero 4

### **2.3.4 Selection of tools for software development.**

#### **2.3.4.1 Description of the C# programming language**

Integrated development environments are required for software development. As part of this project, it was decided to use a high-level

programming language C# (C Sharp). C# is a modern object-oriented programming language, using the principles of type-security. This language has similarities with such languages like Java and C++. But it has a number of unique features, the .Net software platform is cross-platform, which makes the development of applications for other operating systems simple.

Today C# programming language is one of the most powerful, rapidly developing and popular languages in the IT industry. Currently, it is used to write a variety of applications: from small desktop programs to large web portals and web services that serve millions of users every day.

Compared to other languages, C# is quite young, but at the same time it has already come a long way. The first version of the language was released with the release of Microsoft Visual Studio .NET in February 2002. The current version of the language is 7.0, which was released on March 7, 2017 with Visual Studio 2017. C# is a language with C-like syntax and it is close to C++ and Java. Therefore, if you are familiar with one of these languages, it will be easier to master C#.

C# is object-oriented and has taken over a lot from Java and C++. For example, C# supports polymorphism, inheritance, operator overloading, static typing. The object-oriented approach allows you to solve the problem of building large, but at the same time flexible, scalable and extensible applications. And C# continues to evolve, and with each new version there are more interesting features, such as lambdas, dynamic linking, asynchronous methods, etc.

When you say C#, you often refer to the technology platform .NET (WPF, ASP.NET). Conversely, when you speak of .NET, with a high probability you're referring to C#. However, although these concepts are related, it is not correct to identify them. The C# language was created specifically to work with the .NET framework, but the concept of .NET is somewhat bigger.

Bill gates once said that the .NET platform is the best that Microsoft has created. Maybe he was right. The .NET framework provides a powerful platform for building applications. We can highlight the following main features:

- Multi-language support. The platform is based on the common Language Runtime (CLR), which allows .NET to support multiple languages: along with C#, it is also a common Language Runtime (CLR). VB.NET, C++, F#, and various dialects of other languages associated with .NET, for example, Delphi.NET. When you compile code in any of these languages, it is compiled into Assembly code in the common CIL language (common Intermediate Language), a kind of platform assembler .NET. Therefore, we can make separate modules of one application in separate languages.

- Cross-platform. .NET is a portable platform (with some limitations). For example, the latest version of the framework is currently supported on most modern Windows operating systems (Windows 10/8.1/8/7/Vista). And thanks to the Mono project, you can create applications that will work on other operating systems of the Linux family, including mobile platforms Android and iOS.

- Powerful class library. .NET provides a single class library for all supported languages. And whatever application we are going to write in C# - a text editor, a chat or a complex website - we will use the class library anyway .NET.

- Variety of technologies. The common language runtime (CLR) and the base class library are the basis for a whole stack of technologies that developers can use to build certain applications. For example, the technology is designed to work with databases in this technology stack ADO.NET . To build graphical applications with a rich rich interface - WPF technology. To create websites - ASP.NET etc.

Also, it should be noted such a feature of the C# language and .NET framework as automatic garbage collection. This means that in most cases we do not have to, unlike C++, take care of memory release. The aforementioned common language the common language runtime itself will cause the garbage collector will clear the memory.

An application created in C# is often referred to as managed code. What's the meaning of that? This means that the application is built on the .NET framework and is therefore managed by the common language runtime (CLR),

which loads the application and cleans up memory if necessary. But there are also applications, such as those created in C++, that are not compiled into a common CIL language like C# or VB.NET, and in the usual machine code.

In this case, .NET does not control the application. At the same time, the .NET framework provides opportunities to interact with unmanaged code. We can also use COM assemblies along with standard .NET library classes.

As was written above, the C# code is compiled into applications or build extensions. exe or. dll in the language of CIL. Next, when you run such an application, just-In-Time compilation (Just-In-Time) occurs into machine code, which is then executed.

At the same time, since our application can be large and contain a bunch of instructions, only the part of the application that is being directly accessed will be compiled at the current time. If we refer to another part of the code, it will be compiled from CIL to native code. The already compiled part of the application is saved until the program terminates. As a result, it increases productivity.

#### **2.3.4.2 Description of the Microsoft Visual Studio Code development environment**

Development of software for the computer operator and microcomputer in the language. C# in a special cross-platform IDE Microsoft Visual Studio Code. This IDE can be installed on Linux and Windows, which facilitates the development of software, it is also worth noting that Visual Studio Code is distributed free of charge.

The basic features of the Visual Studio Code like many code editors, VS Code uses a common layout of the main elements – file Explorer on the left, code editor on the right. In addition to this, there are specific elements that provide navigation and execution of special commands.

Files, folders, and projects. VS Code works with files and folders where projects are located. In the simplest case, you can open the file for editing simply by running the command `./code index.html`. A more interesting case is to open a

folder. VS Code itself determines the type of project depending on the contents of the folder. For example, if the folder contains package files.json, project.json, tsconfig.json or files .sln and .proj for Visual Studio ASP.NET 5.0 the Visual Studio Code includes many new features that provide IntelliSense, hints, code navigation, command execution, and more, the interface with the main features is shown in figure 5.

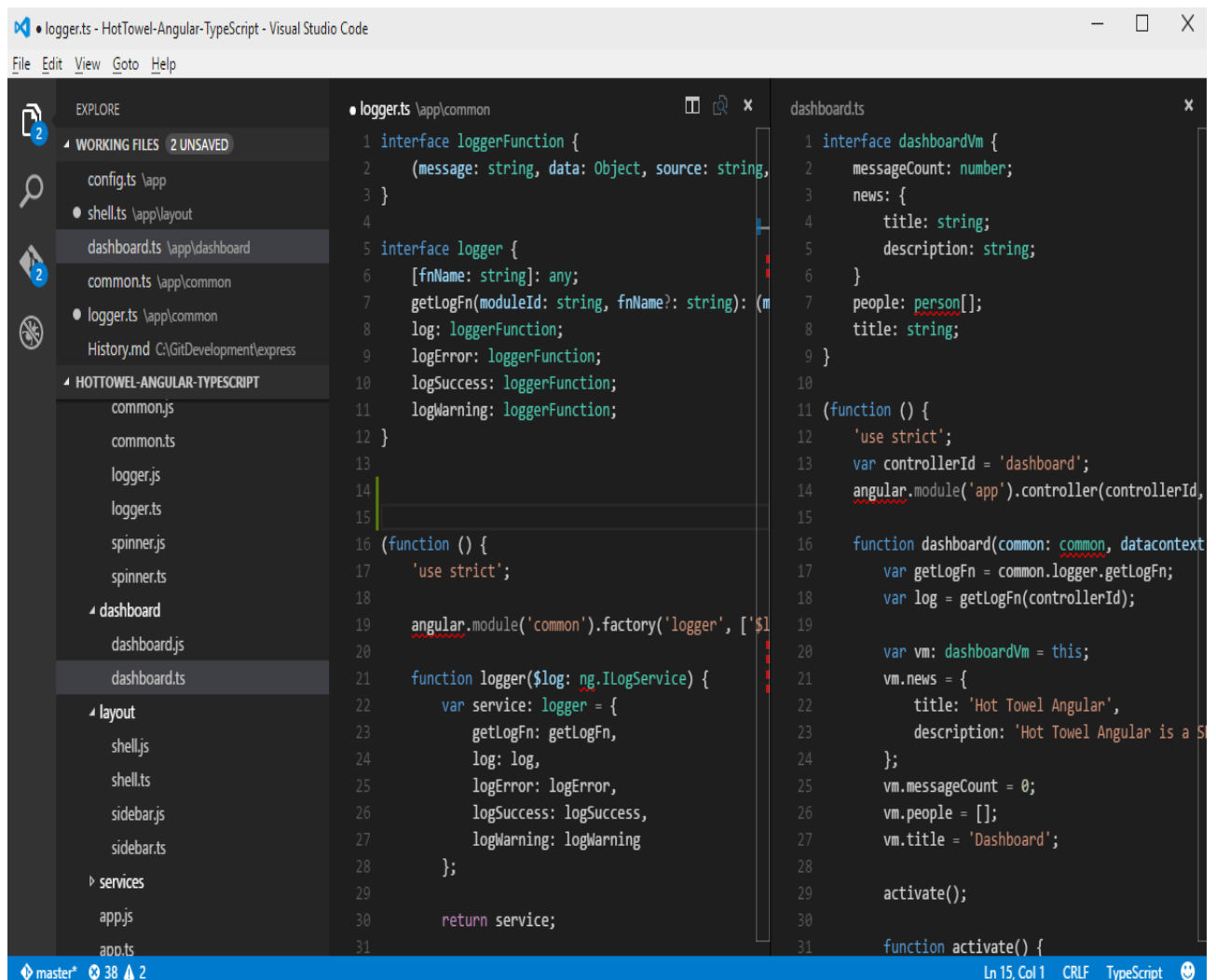


Figure 5 - Main Interface of the Visual studio code

In the context of Visual Studio Code, you can run any command on the command line and view the results directly from the development environment. Thus, it is possible to use external compilers, debuggers, testing tools etc. The Interface of the IDE shown in figure 6.

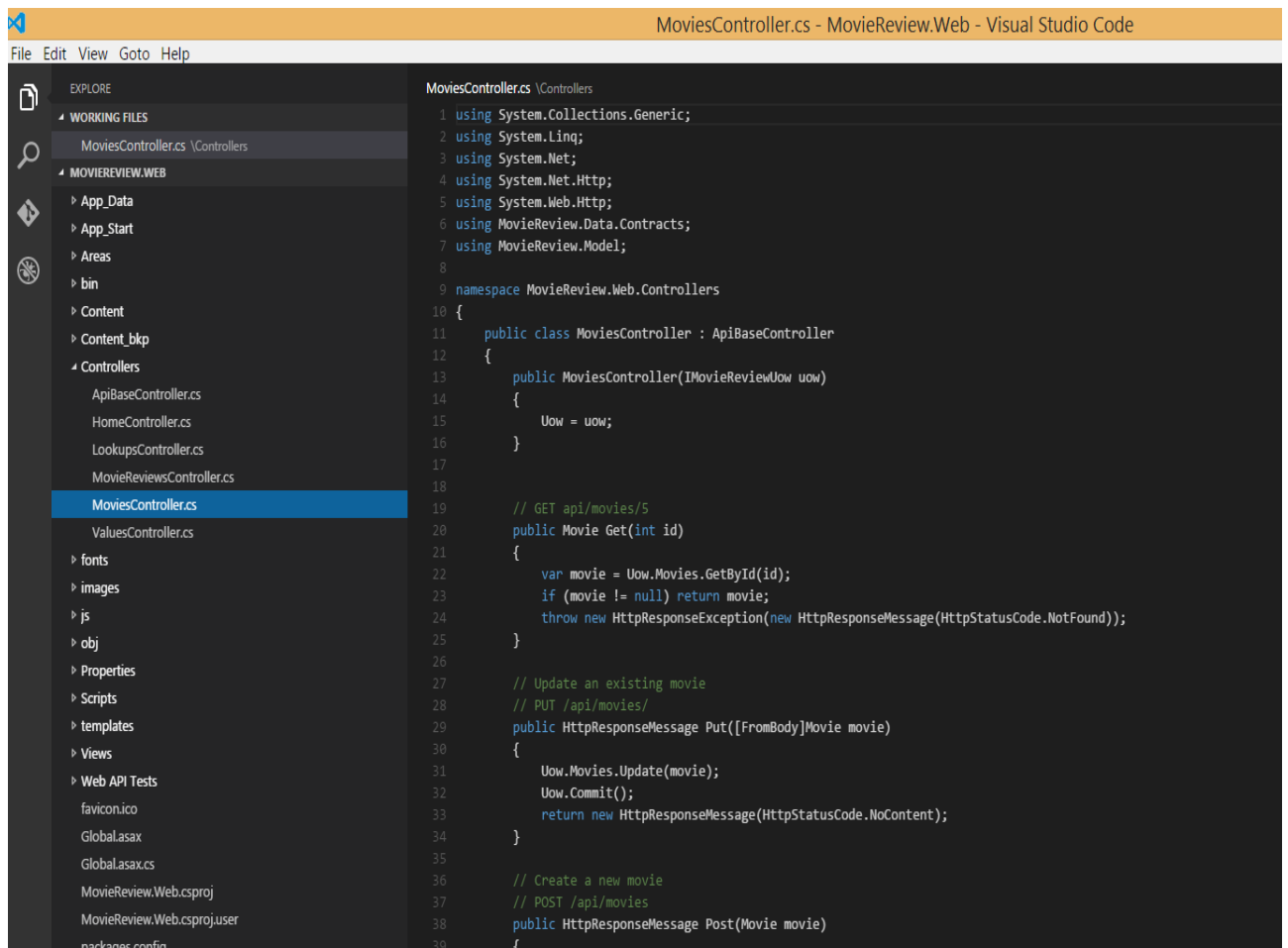


Figure 6 – Visual Studio Code Interface